

ZAHNÄRZTLICHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

Aus der prothetischen Abteilung

Vorstand: Prof. Dr. med. W. Wild

**Untersuchungen über die Unterkieferbewegungen
des Menschen beim Kauen
mittelst einer photographischen Methode**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

WERNER STOCKER

von Zürich

genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. W. Wild



Buchdruckerei Paul Müller, Zug

1952

ZAHNÄRZTLICHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

Aus der prothetischen Abteilung

Vorstand: Prof. Dr. med. W. Wild

**Untersuchungen über die Unterkieferbewegungen
des Menschen beim Kauen
mittelst einer photographischen Methode**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

WERNER STOCKER

von Zürich

genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. W. Wild

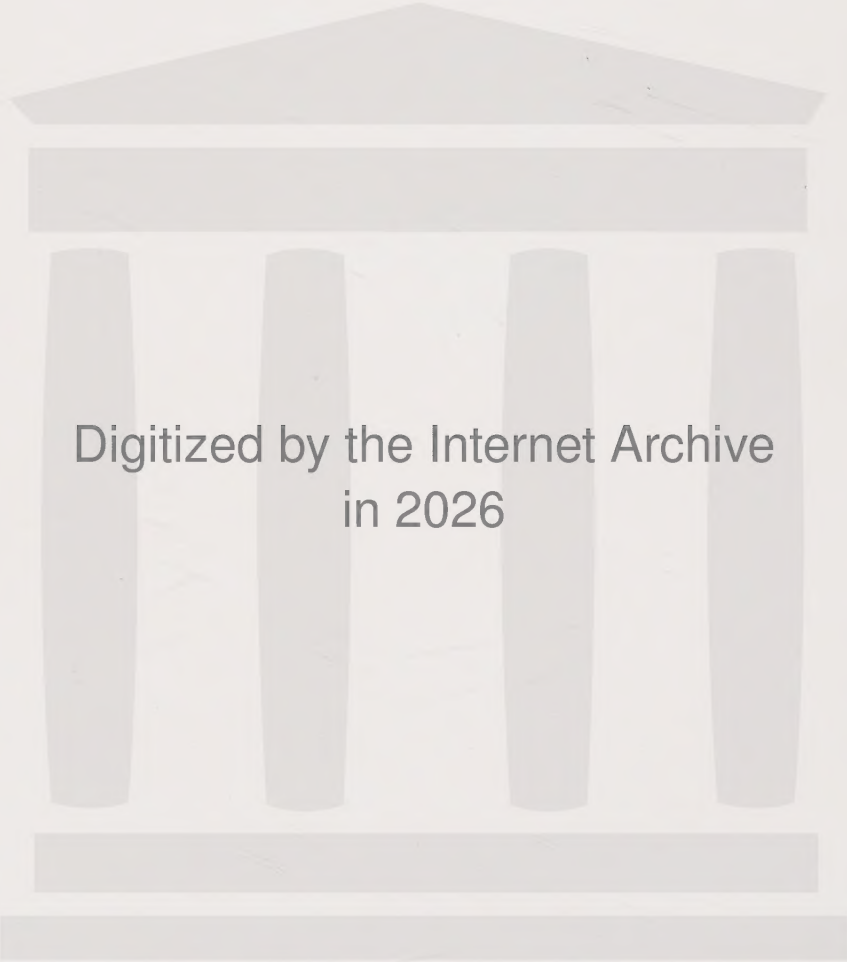


Buchdruckerei Paul Müller, Zug

1952



*In Dankbarkeit
meinen lieben Eltern
gewidmet*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507220_0088

Vorwort und Dank

Es ist mir Freude und Ehre zugleich, Herrn Prof. Dr. med. Walther *Wild*, Direktor des zahnärztlichen Institutes und Vorstand der prothetischen Abteilung an der Universität Zürich, auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen, daß er mir das interessante Gebiet der Kaubewegungen des Menschen zur Bearbeitung überlassen hat. Er war es auch, der mich auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht hat, mittelst einer photographischen Methode zu neuen Erkenntnissen zu gelangen; zudem ist er mir in der Planung und Durchführung der vorliegenden Studie tatkräftig beigestanden. Dadurch bin ich meinem hochverehrten Lehrer zu aufrichtiger Dankbarkeit verpflichtet.

Sodann gilt mein herzlicher Dank Herrn Josef Bissegger, der mir seine große Erfahrung auf photographischem Gebiet voll und ganz zur Verfügung gestellt hat. Seine Gewissenhaftigkeit hat zum Gelingen dieser Arbeit wesentlich beigetragen.

Schließlich sei auch noch meinen Versuchspersonen gedankt, die sich, mit viel Geduld gewappnet, in freundlicher Weise stets willig zu allen Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben.

Inhaltsverzeichnis

<i>I. Einleitung</i>	3
<i>Problemstellung und Abgrenzung</i>	3
<i>II. Kurzer, historischer Überblick</i>	4
1. <i>Methoden und Autoren</i>	5
a) Direkte Beobachtungen	5
b) Graphische Registrierung	6
c) Photographische Registrierung	6
d) Kinematographische Registrierung	7
2. <i>Das Problem</i>	8
a) Balkwill	8
b) Zsigmondi	9
c) Gysi	9
d) Hildebrand	10
e) Eberhard	10
f) Wild	11
<i>III. Eigene Untersuchungen</i>	13
1. <i>Wahl der Methode</i>	13
2. <i>Beschreibung der Methode</i>	14
a) Apparatur	14
b) Durchführung	17
3. <i>Forschungsobjekte</i>	18
a) Patienten	18
b) Nahrungsmittel	18
4. <i>Resultate</i>	20
a) Vorbereitung zur Auswertung	20
b) Projektionsbedingte Änderung der Bahnen	22
c) Unterscheidung der Öffnungs- und Schließungsbahnen	23
d) Verlauf der Kaubahnen auf der Frontalebene	24
e) Verlauf der Kaubahnen auf der Sagittalebene	32
f) Verlauf der Kaubahnen auf der Horizontalebene	34
5. <i>Schlußfolgerungen</i>	39
a) Allgemeines über Form und Verlauf	39
b) Hackbiß — Reibebiß	40
c) Kauseite	41
d) Transversal-Sagittalbewegungen	42
e) Einfluß verschiedener Nahrungsmittel auf die Kaubahn	42
f) Bedeutung der Zunge für den Kauvorgang	44
g) Persönlichkeit und Kaubahn	44
h) Zweckmäßigkeit im Kauvorgang	45
<i>IV. Zusammenfassung</i>	46
<i>V. Literaturverzeichnis</i>	48

I. Einleitung

Das hauptsächlichste Forschungsobjekt der Zahnheilkunde und das Ziel aller zahnärztlichen Therapie ist ein ganz bestimmtes und relativ gut umgrenztes Organ des menschlichen Körpers, der mandibulo-maxilläre Apparat. Dieses komplex zusammengesetzte Organ — es besteht aus den beiden Zahnreihen und ihren Kiefern, dem Kiefergelenk und der Kaumuskulatur, der Zunge und den Speicheldrüsen, der Wangen- und Lippenmuskulatur usw. — erfüllt innerhalb des menschlichen Gesamtorganismus eine genau definierte Funktion, die sich der Arbeitsteilung im Organismus harmonisch unterordnet. Denn: «das Organ ist für seine Funktion da, die Funktion für den Organismus» (*Wild*).

Die Funktion dieses mandibulo-maxillären Apparates ist eine dreifache:

1. Die mastikatorische Funktion
2. Die phonetische Funktion
3. Die physiognomische Funktion

Es unterliegt keinem Zweifel, daß im Hinblick auf die Existenz des Organismus der mastikatorischen Funktion die Hauptbedeutung zukommt, daß sie mit- hin die wichtigste ist. Immerhin sei zugegeben, daß auch nur die teilweise Ein- buße einer der andern beiden Funktionen für die Persönlichkeit des Menschen — aber nicht für seine Existenz — einen argen Nachteil mit sich bringt; ja man könnte gar von Verstümmelung der Persönlichkeit sprechen. Aus diesem Grunde werden wir Zahnärzte immer bestrebt sein, nicht nur die mastikato- rische, sondern ebenso sehr auch die physiognomische und die phonetische Funktion durch unsere Therapie zu verbessern oder eventuell gänzlich wieder herzustellen.

Die mastikatorische Funktion des Kauorganes ist vorwiegend eine mechani- sche; sie besteht in der Ausführung von Bewegungen und in der Erzeugung von Druck. Ihr Ziel ist die Zerkleinerung und die Einspeichelung der eingeführten Nahrung für die weitere chemische Verarbeitung im Intestinaltrakt (*Wild*).

Es stellt sich uns die Frage, welcher Art die Bewegungen seien, die die Kau- funktion ermöglichen; oder anders ausgedrückt, wir fragen: wie kaut der Mensch? Ganz ohne Zweifel ist die richtige Beantwortung des Problem es für den Zahnarzt äußerst wichtig; denn, wie soll er helfend in die Funktion eines lebenswichtigen Organes eingreifen können, wenn er nicht genau weiß, worin diese Funktion besteht und wie sie ausgeübt wird?

Man könnte nun, die Wichtigkeit der Sache einsehend, vermuten, daß dieses Problem längst schon eingehend bearbeitet und erforscht worden ist. Nach Durchsicht jedoch der einschlägigen Literatur muß man feststellen, daß wohl

schon sehr viel über Unterkieferbewegungen experimentiert, nachgedacht und geschrieben worden ist, daß aber die eigentlichen Kaubewegungen eher selten Gegenstand der Forschung geworden sind. Woher kommt das? Einen Grund wenigstens für diese erstaunliche Tatsache glauben wir darin erblicken zu können, daß oft fälschlicherweise alle möglichen Unterkieferbewegungen gleichgesetzt oder gar verwechselt worden sind mit den eigentlichen Kaubewegungen. Es werden nämlich nicht alle möglichen Bewegungen des Unterkiefers beim Kauen auch tatsächlich ausgeführt, ganz im Gegenteil! Es werden nur die für die Kaufunktion zweckmäßigen Bewegungen gemacht. Denn die Bewegungen sind final gerichtet (*Wild*). Das ergibt sich zwangsweise aus dem Prinzip der Ökonomie der Kräfte, wie es im menschlichen Organismus allgemein zur Anwendung gelangt.

Die vorliegende Arbeit wird sich nur mit den eigentlichen Kaubewegungen beschäftigen, wobei wir darunter jene Bewegungen des Unterkiefers verstehen, die beim Kauen ausgeführt werden und die zur Zerkleinerung und Einspeicherung des Bissens führen. Über alle anderen möglichen Bewegungen des Unterkiefers — die sogenannten «leeren» (auch Spielbewegungen genannt) und über jene Bewegungen, die etwa beim Sprechen, Lachen, Gähnen, Singen usw. vorkommen — soll hier nicht die Rede sein.

Der Zweck unserer Abhandlung ist es, Einsicht zu verschaffen in eine der wichtigsten Funktionen des menschlichen Kauorgans; wir wollen dieses Organ in seiner Tätigkeit besser kennen lernen; denn wir müssen seine Funktionen gründlich erfasst haben und verstehen, wenn wir als Zahnärzte irgendwie in dieses physiologische Geschehen einzugreifen haben.

II. Historischer Überblick

Über das in der zahnärztlichen Literatur sehr oft und sehr heftig diskutierte Problem der Unterkieferbewegungen besteht ein immenses Schrifttum. Schon 1925 hat *M. Müller* in seinem Werk «Grundlagen und Aufbau des Artikulationsproblems» etwa 600 Publikationen erwähnt, die von über 300 Autoren stammen. Wenige Jahre später spricht *Hildebrand* in seiner ausgezeichneten Arbeit «Studies in the masticatory movements of the human lower jaw» von ca. 800 Werken, die er über diese Frage gelesen hat, und heute, nach weiteren 20 Jahren, während welchen die Flut der diesbezüglichen Arbeiten kaum nachgelassen hat, dürfte das Schrifttum über die Unterkieferbewegungen schwerlich mehr in seiner Gesamtheit zu überblicken sein.

Im Gegensatz dazu haben sich jedoch nur relativ wenig Autoren mit dem Problem der eigentlichen Kaubewegungen auseinandergesetzt; und im Folgenden wollen wir hauptsächlich nur diese erwähnen.

1. Methoden und Autoren

Das Problem besteht darin, eine Punktbahn des sich bewegenden Unterkiefers festzulegen; und zwar sollte, da es sich beim Unterkiefer geometrisch um einen Körper handelt, und zwar einen recht kompliziert zusammengesetzten, die Bahn dreier Punkte in drei Ebenen des Raumes festgehalten werden können, um rückschließend eindeutig die Bewegung des Unterkiefers als Ganzes rekonstruieren zu können.

Der Wege sind viele, auf welchen man zur Lösung dieses Problems vorgegangen ist. So gab es Forscher, die aus dem Studium des Gelenkes — sei es am mazerierten Schädel, am frischen anatomischen Präparat, an der Leiche oder auch am Lebenden — auf die Bewegungen schließen wollten. Dies ist jedoch nicht der richtige Weg; denn das Gelenk bestimmt nicht die schließlich resultierende Bewegung, sondern es gestattet lediglich innerhalb gewisser Grenzen eine Gruppe von Bewegungen. Und übrigens muß betont werden, daß sich die Kaubewegungen nur beim Kauen eines Bissens untersuchen lassen (*Wild*). Wir werden deshalb darauf nicht näher eintreten.

Im Folgenden wollen wir nur jene Methoden würdigen, die einerseits die Registrierung des physiologischen, reflektorischen Kauens gestatten, andererseits aber Gewähr bieten für eine möglichst genaue Untersuchung der tatsächlich während des Kauens stattfindenden Bewegungen.

a) Direkte Beobachtung

Diese Methode ist sehr einfach, sie kann deshalb leicht von jedermann und für Massenuntersuchungen angewendet werden. Sie bietet den großen Vorteil, daß der Kauakt ungestört beobachtet werden kann, sei es an sich selbst, oder an einer kauenden Versuchsperson. Andererseits aber sind die Fehler, die bei der Beobachtung unterlaufen können, groß; mithin ist die Genauigkeit der Methode gering. Sie verlangt große Übung, da nur allzugern «Subjektives als objektiv feststehend angesehen wird», wie *Wild* sehr klar in seinem neuesten Werk: «Funktionelle Prothetik» festhält.

Lubosch (1907) beobachtet den Kauvorgang an Säugetieren, indem er die Bewegungen mit dem Auge verfolgt und aufzeichnet, was er zu sehen glaubt.

Ganzer (1908) befestigt an den oberen und unteren Zähnen 50 cm lange Stäbe und beobachtet die Bahn des unteren Stabendes in Beziehung zum oberen, was relativ leicht gelingt, da die Bewegung beträchtlich vergrößert wird.

Zsigmondi (1912) stellt seine Beobachtungen an sich selber an, und zwar während des Kauens und zeichnet dann die Bahn des unteren Symphysenpunktes.

Da diese Methode der direkten Beobachtung ungenau ist und leider nur subjektive Resultate zeitigt, wollen wir zu jenen Methoden übergehen, die durch Anwendung von technischen Hilfsmitteln größere Genauigkeit der Beobachtung

ergeben, jedoch dabei den Nachteil in Kauf nehmen, daß die Technik den physiologischen Kauvorgang irgendwie beeinflußt.

b) Graphische Registrierung

Allgemein besteht diese Methode darin, daß mit einem Schreibgerät auf einer bestimmten Ebene Aufzeichnungen des sich bewegenden Unterkiefers gemacht werden. Nachteilig wirkt sich die erwähnte Beeinflussung des physiologischen Kauvorganges durch die am Unterkiefer befestigten Schreibstifte aus; auch dürfte die Reibung auf der Schreibunterlage eine hemmende Wirkung aufweisen. Schließlich wurde auch schon der Vorwurf erhoben, daß sich die Bewegung tatsächlich im Raume abspiele und nicht nur auf einer Ebene; dem ist jedoch zu entgegnen, daß man allgemein drei-dimensionale Vorgänge zwei-dimensional darzustellen pflegt, um das Verständnis zu erleichtern.

Die graphische Methode ist von verschiedenen Autoren angewendet worden: *Ulrich, Walker, Thomes, Schulze, Beth, Chissin, Schröder, Vest, Jeppener-Haltenhoff* u. a. m. *Gysi* vor allem hat eine solche Versuchsanordnung benützt und hat mit ihr seine Achsentheorie der Unterkieferbewegungen aufgestellt und bewiesen. Besonders bedeutungsvoll wurde seine graphische, extraorale Darstellung der transversalen Symphysenbahn auf der Horizontalebene (gotischer Bogen, Pfeilwinkel), die noch heute der zuverlässigste Weg zur Festlegung der zentralen Okklusion darstellt.

Neynaber (1920) hat eine Modifikation der graphischen Methode angegeben, die keine hemmende Wirkung auf den sich bewegenden Unterkiefer haben soll: die sogenannte elektrische Funkenzeichnung. Von einer Nadelspitze springt ein Funke auf eine Metallplatte über, wobei ein dazwischengespanntes, dünnes Papier durchschlagen wird.

Daß die graphische Methode recht beliebt ist und selbst in jüngster Zeit immer wieder angewendet wird, beweist der Amerikaner *Kurth* mit seiner Publikation «Mandibular movements in mastication» (1942). An einem Gesichtsbogen werden bei den Kondylen und beim Inzisalpunkt Stahlnadeln befestigt, die auf dünn mit Wachs überzogenen Glasplatten ritzen. Diese Striche werden mittelst Fluß-Säure in das Glas eingätzt, wodurch bleibende Aufzeichnungen entstehen.

c) Photographische Registrierung

Nachdem im 19. Jahrhundert die Photographie erfunden und bald Allgemeingut geworden war, bemächtigten sich die Forscher aller Wissenschaften schnell dieser neuen Darstellungsmethode, um mit ihrer Hilfe weitere Erkenntnisse in ihrem Fache zu erlangen. Bald waren es auch die Physiologen, die mittelst photographischer Methoden Bewegungsabläufe untersuchten. Zu den

ersten gehörten *Braune* und *Fischer*, die schon 1884 auf diese Weise die Bewegungen im Kniegelenk erforschten.

Zum Studium der Kieferbewegungen wurden photographische Methoden erstmals um die Jahrhundertwende zur Anwendung gebracht: zuerst wohl von *Luce*. 1896 war es *Ulrich*, der an einem im Munde befestigten Apparat glänzende Silberkugeln anbrachte und ihre Bahn auf der photographischen Platte verfolgte.

Jeppener-Haltenhoff (1921) stellt Metallschienen her, die er mit Drahtligaturen und Gips fest an den Zähnen des Unterkiefers befestigt. An der Schiene ist ein «Zeigerdreieck» angelötet; er verfolgt also drei Registrierpunkte. Mit Hilfe von zwei Spiegeln photographiert er gleichzeitig die Ortsveränderungen des Zeigerdreieckes auf drei aufeinander senkrechten Ebenen. Der Photoapparat ist etwa 1,25 m entfernt. Die gleiche Versuchsanordnung benutzt *Jeppener-Haltenhoff* auch für kinematographische Aufnahmen.

Münzeshaimer (1926) befestigt an den untern Zähnen eine Kautschukschiene, auf welche die Registrierapparatur aufgesteckt werden kann. Diese besteht aus einem Gesichtsbogen, der an verschiedenen Punkten (Kondylen, Molarenpunkte, Symphysenpunkt) Glühlämpchen trägt. Er verwendet gleichzeitig drei Photoapparate, wodurch er drei-dimensionale Aufnahmen erhält. Seine ganze Apparatur ist jedoch so kompliziert, daß sie für die Registrierung der Kaubewegungen schwerlich Verwendung finden kann.

Auch *Wustrow* (1929) hat eine photographische Methode ausgedacht, um Kieferbewegungen registrieren zu können. Er macht Aufnahmen in drei senkrecht aufeinanderstehenden, anthropologisch genau bestimmten Ebenen.

Die Methode, die wir für unsere Experimente angewendet haben, gehört zu den hier beschriebenen photographischen (siehe weiter unten).

d) Kinematographische Methoden

Eine Weiterentwicklung der Photographic stellt die Kinematographie dar, die seit der Jahrhundertwende entwickelt wurde. Und wie die erstere wurde auch die letztere schon ganz zu Beginn des 20. Jahrhunderts zum Studium des menschlichen Ganges angewendet.

Als erster war es *Thouren* (1914), der Unterkieferbewegungen kinematographisch untersuchte. Später folgte *Jeppener-Haltenhoff* (1921).

Hildebrand hat 1931 in seinem großen Werk über die menschlichen Kaubewegungen unter anderem auch die Kinematographie angewendet. Er benutzt eine schwarze Kugel, die mittelst einer kleinen Schiene an den untern Frontzähnen befestigt ist. Die Kamera, die zwanzig Bilder pro Sekunde macht, ist in ca. 2,5 m Entfernung von der Versuchsperson aufgestellt. Um gleichzeitig auf zwei Ebenen (Frontal- und Sagittalebene) registrieren zu können, benutzt *Hildebrand* einen Spiegel, der in geeignetem Winkel aufgestellt ist.

Bakker machte 1942 ebenfalls von einer kinematographischen Methode Gebrauch. Als Beobachtungspunkt zeichnet er nur eine Stelle auf der *Protuberantia mentale* schwarz an und filmt deren Dislokation während des Kauens.

Eberhard (1947) hat in seiner Dissertation auch eine kinematographische Methode gewählt, um die Kaubewegungen des Menschen zu studieren. Er stellt für die rechten Unterkieferzähne buccal und lingual ein aus Metall gegossenes Band her, das er mit Ligaturen befestigt. Daran ist ein Draht angelötet, der weit aus dem Munde herausragt (5 cm ventral und kaudal) und in einem kleinen Kerrkugeln als Registrierpunkt endet. Als Aufnahmeapparat wird ein Kodak-eight verwendet, der 16 Bilder pro Sekunde macht.

Diesen kinematographischen Methoden kommt für die Untersuchung der Unterkieferbewegungen sehr große Bedeutung zu, ergeben sie doch eine recht genaue Analyse der Bewegungen. Jedoch ist ihre Anwendung nicht gar so einfach, und vor allem gestaltet sich die Auswertung des erhaltenen Filmmaterials als sehr schwierig und zeitraubend. Und zudem ist die Ausführung einer solchen kinematographischen Studie recht kostspielig, sodaß eine allgemeine Anwendung auf große Schwierigkeiten stößt.

Neben all den erwähnten Methoden zur Erforschung der Unterkieferbewegungen gibt es noch andere Möglichkeiten. So sei z. B. die Anwendung von Röntgenstrahlen erwähnt; erstmals hat *Hildebrand* (1931) davon Gebrauch gemacht mit seinem Röntgen-Kymograph und der direkten Beobachtung der Bewegung auf dem Röntgen-Fluoreszenz-Schirm.

Schließlich ist auch denkbar, daß mit der Weiterentwicklung der Wissenschaften und der Technik sich ganz neue, bisher noch völlig unbekannte Möglichkeiten für den Bewegungsforscher eröffnen. Jedenfalls sollte man das nicht völlig außer Acht lassen.

2. Das Problem

Das Problem, zu dessen Lösung alle erwähnten Methoden schon eingesetzt worden sind und das für uns Zahnärzte sicherlich von großer Bedeutung ist, läßt sich schlagwortartig in die kurze Frage zusammenfassen: wie kaut der Mensch? Wir wollen jetzt in einer kurzen Zusammenstellung erfahren, welche Antworten die verschiedenen Autoren im Laufe der Zeit gegeben haben und welches der heutige Stand der wissenschaftlichen Forschung ist. Wir beschränken uns dabei jedoch auf die wichtigsten Feststellungen der bedeutendsten Forscher.

Balkwill

Er dürfte wohl der erste gewesen sein, der sich über die Kaubewegungen geäußert hat, indem er schon 1866 (!) kurz den Rundbiß und die Funktion der Zunge beim Kauen beschrieben hat.

Zsigmondi

Er beschreibt die Bahn des Symphysenpunktes auf der Frontalebene und stellt sie schematisch dar:

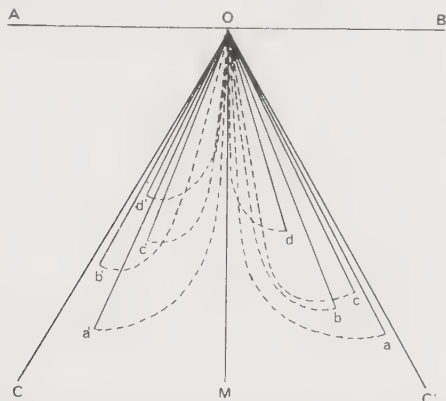


Abb. 1

Schema der Kaubahnen
nach Zsigmondi

Die Kautätigkeit erschöpft sich nach ihm also im Öffnen und Schließen. Die Öffnungsbewegung verläuft auf der Arbeitsseite nach unten und außen; sie ist ziemlich variabel, wobei sich die Amplitude nach der Größe des Bissens richtet. Im Gegensatz dazu ist die Schließbewegung nicht variabel: sie entspricht dem kürzesten Weg aus der jeweils erreichten maximalen Abduktionsstellung in die zentrale Okklusion. Eine Reibekomponente konnte er nicht feststellen: der Bissen wird nicht zerrieben, gemahlen, sondern zerquetscht, zermalmt. Zsigmondi beschreibt also den reinen Hackbiß.

Gysi, der ein Leben lang immer und immer wieder die Unterkieferbewegungen erforscht hat, hat nur wenig über die Kaubewegungen ausgesagt. Besondere Bedeutung mißt er dabei den transversalen Reibebewegungen zu, indem er den sogenannten Rundbiß beschreibt, der vier Phasen aufweist:

Öffnen, Seitwärtsverschieben, Schließen in die Bukkalstellung, Gleiten in die zentrale Okklusion.

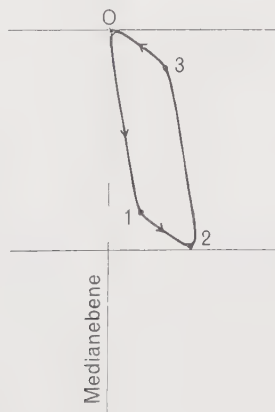


Abb. 2

Schema der Kaubahn nach
Gysi, sog. „Rundbiß“

Für weiche, saftige Nahrung läßt Gysi auch den von *Zsigmondi* beschriebenen Hackbiß gelten, also ohne transversale Reibekomponente.

Hildebrand beschreibt in seinem ausführlichen Werk u. a. die Bewegung des Symphysenpunktes auf der Frontal- und der Sagittalebene.

Auf der Frontalebene verläuft die Kaubahn etwa folgendermaßen: Absenken des Unterkiefers mit leichtem Schwingen über die Medianebene hinaus auf die Balancierseite. Von der maximalen Kaudalstellung wird der Unterkiefer dann schräg kranial- und lateralwärts auf die Arbeitsseite hinübergeführt. Die Okklusionsstellung wird meist erst nach einem mehr oder weniger ausgesprochenen Gleiten erreicht.

Auf der Sagittalebene stellt sich die Bahn wie folgt dar: direktes Öffnen bis zur maximalen Kaudalstellung, die meist mit der größten Ventralstellung zusammenfällt. Die Schließung hat in Bezug auf die Öffnung keine bestimmte Lagebeziehung, bald ventral, bald dorsal. Ein sagittales Gleiten in die zentrale Okklusion ist nach *Hildebrand* in beschränktem Ausmaß möglich.

Weiterhin stellt *Hildebrand* fest, daß die Art der Nahrung regelmäßig keinen Einfluß auf die Kaubahn in irgendeiner Hinsicht hat. Er unterscheidet zwischen «crushing» und «grinding». «Crushing» sind die ersten zwei bis vier Bahnen einer Kau-Periode, die charakterisiert sind durch das Einbrechen der Zähne in den Bissen, wodurch eine grobe Zerteilung erreicht wird. «Grinding» sind jene Bahnen der Periode, die auf «crushing» folgen und dem Schlucken vorausgehen; hier findet das Zerreiben des zerteilten Bissens statt. Also etwa unser Reibebiß.

Eberhard untersucht in seiner Dissertation die Unterkieferbewegungen des Menschen beim Kauen und gelangt zu folgenden Schlüssen:

Jede Kaubewegung läßt sich in drei Phasen unterteilen: Öffnen, Aufladen, Schließen. Diese sind jedoch nicht genau gegeneinander abzugrenzen, sondern gehen fließend ineinander über.

Grundsätzlich unterscheidet er zwischen Hackbiß und Reibebiß, fügt jedoch bei, daß es kaum möglich ist, die beiden streng auseinanderzuhalten. Eine mehr hackartige Schließart soll die Regel sein, und zwar bedingt durch die Konsistenz der Nahrung. Der noch wenig gekaute Bissen soll den Reibebiß begünstigen, während mit fortschreitender Kautätigkeit mehr der Hackbiß auftreten soll.

Ganz eindeutig sind die Ergebnisse *Eberhards*, was die transversalen oder sagittalen Schließbewegungen anbelangt. Er sagt: «Der Sagittal-Reibebiß existiert nicht; die Reibebewegung erfolgt stets in transversaler Richtung.»

Die Zunge spielt nach *Eberhard* beim Kauen eine Hauptrolle, indem sie den Kiefer in allen seinen Bewegungen dirigiert. Er betont als Schüler von Wild den linguo-mandibulären Synergismus.

Wild : in seinem jüngst erschienenen, ausgezeichneten Werk «Funktionelle Prothetik» geht *Wild* ganz eingehend auf das Problem des Kauens und insbesondere auch der Kaubahnen ein.

Wir gehen wohl nicht fehl in der Annahme, daß der von *Wild* in seinem Buch vertretene Standpunkt das ganze jetzige Wissen um die Kautätigkeit des Menschen zusammenfaßt, daß mithin seine dort geäußerte Ansicht die heute allgemein gültige Lehrmeinung darstellt.

Nach *Wild* ist die Kaubahn die Bahn, die ein bestimmter Punkt des untern Kauflächenkomplexes beim Kauen im Raume zurücklegt. Sie wird als Linie auf einer bestimmten Ebene (Frontal-, Sagittal- und Horizontal-Ebene) dargestellt.

Wild gibt uns eine schematische Analyse vom Ablauf der Kaubewegungen, indem er von den stets wechselnden Einzelheiten in Form, Größe und Richtung absieht und das Wesentliche darstellt. Diese schematisierende Darstellungsweise hat den Zweck, die Vorstellung zu erleichtern.

An der Kaubahn lassen sich zwei verschiedene Komponenten unterscheiden: die freie Bahn (die unterteilt werden kann in die Öffnungs- und Schließungsbahn) und die Kontaktbahn (Artikulationsbahn). Die Kontaktbahnen entstehen beim Reiben der unteren Zähne entlang den oberen. Sie sind charakteristisch für den Reibebiß und fehlen beim Hackbiß ganz.

Die transversale Kaubahn der Backenzähne auf einer Frontalebene

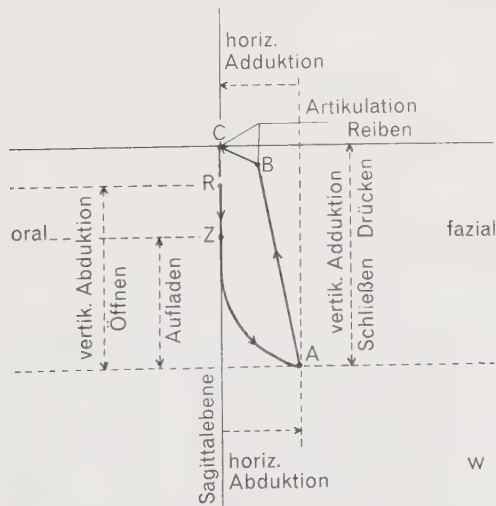


Abb. 3
Schema der transversalen
Kaubahn nach Wild

Wild schreibt dazu: «Die transversale Kaubahn des Molarenhöckerpunktes, auf einer Frontalebene dargestellt, ergibt folgende Merkmale: Der Höckerpunkt geht aus der Ruhelage (R), die vertikal unter der zentralen Okklusion liegt, zunächst in einer sagittalen Ebene vertikal nach unten. Von einem bestimmten

Punkt (Z) ab verläuft die Bahn bogenförmig nach bukkal (Abduktion) bis zum Punkt (A). Dieser bezeichnet das Ende der Öffnungs- und den Beginn der Schließungsbahn. Vom Abduktionspunkt geht der Weg gerade in die Bukkalstellung (B). In der schematischen Darstellung erreicht für den Hackbiß die wirksame Bahn hier ihr Ende. Vor dem Schlingen geht sie wieder in Symmetrie- und Ruhelage (R), womit die Bahn geschlossen ist. Der Hackbiß ist gekennzeichnet durch das Fehlen einer Artikulationsbahn. Für den Reibebiß ist die freie Bahn bis zur Erreichung der Bukkalstellung gleich geformt wie beim Hackbiß. Der für ihn charakteristische Teil liegt in der Strecke B—C, der Kontaktbahn.»

Kaubahn auf der Horizontalebene

Sie präsentiert sich als quergestellte Schleife, wobei sie in der Hauptsache dorsal vom Kontaktpunkt liegt. Immer verläuft das Ende der Bahn von der Kauseite her in transversaler Richtung gegen den Kontaktpunkt; Reibebewegung in sagittaler Richtung ist nie festzustellen. Die Darstellung auf der Horizontalebene zeigt, daß die Bewegung genau genommen nicht in einer Frontalebene erfolgt, sondern schräg von vorne nach hinten in die zentrale Okklusion verläuft.

Kaubahn auf der Sagittalebene

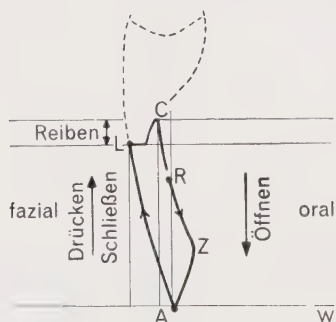


Abb. 4

Schema der Kausbahn im frontalen Gebiß nach Wild, dargestellt auf der Medianebene

Wild schreibt dazu: «Die Öffnungsbahn ist eine komplizierte Kurve mit einem Knickpunkt an der Stelle, wo die Wirkung des Vorschiebens des Unterkiefers koordiniert mit der gleichgerichteten Bewegung der Zunge sich zu zeigen beginnt. Sie erhält dadurch die Form einer stark gestreckten S-Kurve. Vom Punkt der größten Öffnung A geht die Schließbewegung in einem weiten Kreisbogen nach dem Punkt L (Labialokklusion). Hier beginnt die Kontaktbahn, die auf der Schneidekante und am Abhang der Palatinalfläche bis zur zentralen Okklusion (C) adduzierend, d. h. nach dorsal verläuft. Sie ist beim Scherenbiß also abhändig von der Tiefe und Neigung des Überbisses.

Beim Zangenbiß liegen Öffnungs- und Schließungsbahn dicht nebeneinander und decken sich fast.»

Wild legt ganz besonderen Wert auf folgende Feststellungen:

1. Es finden beim Kauen auf einer Seite keine sagittalen Reibebewegungen statt, sondern nur transversale. «Es muß angenommen werden, daß beim unbewußt-reflektorischen Kauen auf der lateralen Arbeitsseite keine sagittalen, sondern nur transversale, von außen nach innen gerichtete Reibebewegungen gemacht werden.» Als Beweis dienen nicht nur die Kaubahnen, sondern auch alle Beobachtungen, die mit Abrasionen zusammenhängen.
2. Kaubewegungen ohne Zungenbewegung ist unvorstellbar; denn Unterkiefer und Zunge führen beim Kauen koordinierte Bewegungen aus (Homotropie und Homotopie). *Wild* betrachtet also die Kaubewegungen als korrelierte Bewegungen der Zunge.
3. Das Vorhandensein eines Bissens ist Voraussetzung für die Kaubewegung.

III. Eigene Untersuchungen

Im vorigen Kapitel haben wir in kurzen Worten zusammengefaßt, wer sich bisher mit den Kaubewegungen beschäftigt hat, welche Methoden zu ihrer Erforschung angewendet worden sind und zu welchen Resultaten die verschiedenen Autoren gelangt sind. Dieser Streifzug durch die Geschichte der Kaubewegungsforschung zeigt uns, daß noch nicht alle Probleme, die mit der Kautätigkeit des Menschen zusammenhängen, befriedigend und eindeutig abgeklärt sind. Unsere eigene Arbeit soll ein bescheidener Beitrag zu deren Lösung sein und gleichzeitig eine Verifikation des schon Bekannten darstellen.

1. Wahl der Methode

Soll irgend ein Experiment greifbare Resultate zeitigen, so ist die selbstverständliche Voraussetzung, daß die angewendete Methode geeignet ist, auf die spezielle Fragestellung entsprechende Ergebnisse zu erbringen. Aus diesem Grunde müssen wir uns zuallererst klar sein darüber, was wir von unserer Methode verlangen, welchen Forderungen unsere Apparatur zu genügen hat.

Die ideale Apparatur zur Registrierung der Kaubewegungen müßte vor allem folgenden Forderungen genügen:

1. Der natürliche Charakter der Kaubewegungen muß erhalten bleiben; d. h. der Kauvorgang darf durch die am Gebiß befestigten Apparate oder sonstige technische Hilfsmittel nicht gestört werden.
2. Wir fordern von der Apparatur eine sehr genaue Registrierung der Bewegungen. Eigenbewegungen müssen ausgeschlossen sein, ebenso Verzerrungen der Aufzeichnungen.

3. Die Methode muß einfach sein, damit sie leicht durchgeführt werden kann und auch ohne weiteres die Untersuchung einer großen Anzahl von Objekten zuläßt. Von Vorteil wären auch die damit verbundenen geringen Kosten.
4. Die Bewegungen müssen auf den drei Ebenen des Raumes registriert werden können (Frontal-, Sagittal- und Horizontalebene), und zwar möglichst gleichzeitig.
5. Die Versuchsperson sollte psychisch durch die ganze Versuchsanordnung so wenig wie möglich irritiert werden, sodaß der Kauvorgang während den Experimenten weiterhin unbewußt-reflektorisch abläuft.
6. Schließlich wäre es wünschenswert, wenn die Bewegungen der Zunge zusammen mit jenen des Unterkiefers festgehalten werden könnten.

Für unsere Versuche haben wir uns zu einer photographischen Methode entschieden, da wir glaubten, daß sie wenigstens den wichtigsten der obigen Forderungen einigermaßen gerecht wird. Wir sind uns dabei der ihr anhaftenden Mängel wohl bewußt, nehmen sie jedoch mit in Kauf, weil sie uns andere Vorteile bietet. Eine Idealapparatur, die schlechthin befriedigt, dürfte gar nicht möglich sein. Denn jede Methode hat ihre Stärken, andererseits aber auch ihre Schwächen und Fehlerquellen; es handelt sich nur darum, diese richtig zu erkennen und die erhaltenen Resultate entsprechend zu werten.

2. Beschreibung der Methode

a) Apparatur

Die direkt mit den einzelnen Versuchspersonen in Verbindung zu bringenden Teile der Apparatur müssen für jeden Patienten jeweils individuell angefertigt werden. Deshalb werden zuerst Abdrücke von den Zahnreihen genommen — in unserem Fall aus Zelex —, um Modelle von Unter- und Oberkiefer zu erhalten. Nun wird für die untere Front eine kleine Schiene aus Kunststoff hergestellt, die von 3- bis -3 reicht, eventuell bei tiefem Biß von 4- bis -4, die der Labialfläche der Zähne aufliegt und die Artikulation in keiner Weise behindert. Es wird darauf geachtet, diese Schiene möglichst klein und zierlich zu gestalten, damit sie beim Kauvorgang nicht stört.

Diese Kunststoffschiene wird dem Versuchsobjekt mit selbsthärtendem Kunststoff eingesetzt. Der Halt ist ganz erstaunlich fest, was unseres Erachtens daher kommt, daß die frisch angerührte, breiartige, kaltpolymerisierende Masse durch die Kunststoffschiene, mit der sie sich chemisch verbindet, in die Interdentalräume hineingepreßt wird — eventuell sogar bis auf die Lingualseite —, erhärtet und so einen rein mechanisch bedingten, ausgezeichneten Halt ergibt.

Der große Vorteil dieser Befestigungsart gegenüber den in früheren Arbeiten angewendeten ist ohne weiteres ersichtlich. Erstens wird die Artikulation nicht gestört, was bei Verwendung von Ligaturen wohl gelegentlich vorgekommen

sein dürfte; zweitens kann auf die Anbringung auch lingualer Schienen verzichtet werden, wodurch die Zunge sicherlich in ihrer Arbeit beeinträchtigt worden ist; drittens ist der Sitz absolut eindeutig und unverrückbar, was genaueste Registrierung der Unterkieferbewegungen gestattet. *Bakker* schreibt 1942 in einer Publikation über die Frage, ob die Bewegung eines Hauptpunktes über dem Kinn oder jene eines Apparates, der an den Zähnen befestigt ist, registriert werden soll: «Man hat also zu wählen, die richtige und natürliche Bewegung» — nämlich jene des Hauptpunktes — «weniger exakt zu registrieren, oder eine unnatürliche Bewegung richtig wiederzugeben.» Wir jedoch sind der Ansicht, daß die Bewegungen durch unsere kleine Apparatur wenig oder gar nicht beeinflußt werden, daß jedenfalls die den Kinnpunkt bewegenden mimischen Muskeln eine viel größere Fehlerquelle bei der Registratur der Unterkieferbewegungen darstellen.

In diese Kunststoffschiene ist ein 2 mm dicker, starrer Draht einpolymerisiert, der 5 cm lang ist und an seinem vorderen Ende den eigentlichen Registrierpunkt in Form einer kleinen, hochglanzpolierten Stahlkugel von 2 mm Durchmesser trägt. Er verläßt den Mund in der Mittellinie des Gesichtes, genau auf der Höhe der Rima oris, so, daß der Lippenschluß nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt wird. Die Kürze und Festigkeit des Drahtes schließen Eigenschwingungen, wie auch Beeinflussung durch die Lippenmuskulatur praktisch aus.



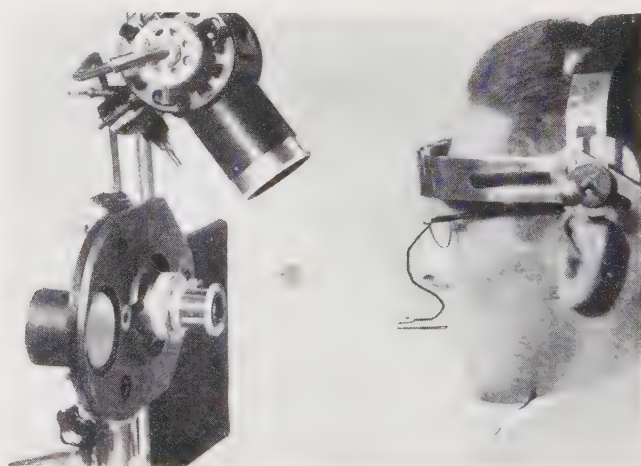
Abb. 5
Kunststoffschiene mit
Registrierpunkt

Des weiteren wird der Versuchsperson ein Brillengestell aufgesetzt, an welchem über der Nasenwurzel ein Draht angelötet ist, der an seinem unteren Ende, das in unmittelbarer Nähe des Registrierpunktes liegt, zwei kleinere, ebenfalls hochglanzpolierte Stahlkugeln trägt. Das sind die Bezugspunkte, die folgenden Zweck haben: einmal benötigen wir sie, um die Kaubahnen richtig zu den Ebenen des Schädels orientieren zu können; andererseits geben sie uns Aufschluss über eventuelle Bewegungen des ganzen Kopfes, die sich den Kaubewegungen unbemerkt superponieren könnten, wodurch natürlich unsere Kaubahnen verändert würden.

Im Gegensatz etwa zu den kinematographischen Methoden ist für uns eine gänzlich ruhige Kopfhaltung von ausschlaggebender Bedeutung. Um so gut wie überhaupt möglich zu diesem Ziel zu gelangen, gehen wir folgendermaßen vor: Die Versuchsperson sitzt aufrecht — so wie bei uns allgemein die Nahrung eingenommen wird — in einem Spezial-Stuhl mit Armlehne und Kopfstütze. Dies genügt jedoch zur völligen Ruhigstellung noch nicht, deshalb bringen wir an der Kopfstütze noch einen speziellen Kopfhalter an, der aus einem metallenen, innen gepolsterten Band besteht, das über die Nasenwurzel geklappt und angezogen werden kann. So erlangten wir eine befriedigende Feststellung des Kopfes. Wir sind uns bewußt, daß gerade in dieser unnatürlichen Fixierung einer der größten Nachteile unserer Methode liegt.

Es fragt sich noch, in welcher Lage der Kopf fixiert werden soll. Da wir ja wissen, daß die Stellung des Kopfes jene des Unterkiefers beeinflußt, handelt es sich darum, eine Mittelstellung herauszufinden, die der physiologischen Ruhelage entspricht. Selbstverständlich ist, daß die Medianebene senkrecht zu stehen kommt; dagegen drängt sich die natürliche Mittelstellung zwischen dorsaler und ventraler Kopfhaltung nicht ohne weiteres auf. Für unsere Experimente achten wir darauf, daß die Camper'sche Ebene (*porion-spina nasalis*) horizontal verläuft. Denn wir haben den Eindruck, daß diese Lage am besten einer natürlichen Mittellage des Kopfes entspricht.

Abb. 6
Die Versuchsanordnung
(siehe Text)



Der Aufnahmeapparat, dessen wir uns zur Registrierung der Bewegungen bedienen, ist eine Leica IIIc, die in ca. 20 cm Entfernung aufgestellt wird. Wir verwenden das normale Elmarobjektiv 5 cm mit Zwischenring 1 : 1,5. Die Kamera wird — auf einer Revolverscheibe drehbar — auf einem soliden Stativ montiert, und zwar sowohl für die Aufnahmen auf der Frontal- und Sagittalebene, wie auch auf der Horizontalebene.

Unser ganzes Experiment wird in der Dunkelkammer ausgeführt, wobei nur der Registrierpunkt und die beiden Bezugspunkte mit einer starken Speziallampe (Leitz-Monla) beleuchtet werden. Allerdings herrscht nicht völlige Dunkelheit, da wir nämlich mit rot unempfindlichem Isochrom-Filmmaterial arbeiten. Das erleichtert uns die Arbeit ungemein und ermöglicht gleichzeitig eine dauernde Kontrolle des kauenden Patienten. Die Monla-Lampe wird sehr nahe an die Registrierpunkte herangebracht, sodaß von den angestrahlten Stahlkugeln ein scharfer Lichtstrahl reflektiert wird, den man in der Kamera aufängt. Um keine störenden Reflexe, z. B. von den Drähten mitphotographieren zu müssen, wird der Lichtstrahl möglichst abgeblendet, und die glänzenden Stahldrähte werden zudem noch über einer stark rußenden Flamme intensiv geschwärzt.

b) Die Durchführung

Ist alles, die Versuchsperson und die ganze Apparatur auf diese Weise vorbereitet, so kann man mit den Aufnahmen beginnen. Man legt dem Patienten einen Bissen in den Mund und fordert ihn auf zu kauen. Wir geben absichtlich keinen genaueren Befehl, etwa in dem Sinn, der Bissen solle auf einer bestimmten Seite gekaut werden, wie dies *Eberhard* getan hat. Denn unser Bestreben geht dahin, die möglichst unbeeinflusste Kautätigkeit zu beobachten. Wir wollen jedes Versuchsobjekt in der ihm gewohnten Art kauen sehen, unbehelligt von irgend welchen äußeren Beeinflussungen.

Die Bahn, die der Registrierpunkt zurücklegt, wird nun photographiert; und zwar einerseits so, daß alle Bewegungen von Anfang bis Ende der Kautätigkeit auf einem Filmabschnitt aufgenommen werden. Wir erhalten so das Bild einer ganzen Kauperiode. Da jedoch bei länger dauernden Perioden die Einzelheiten nicht mehr genau erkannt werden können, weil die Bahnen auf dem Film ineinanderfließen, machen wir andererseits auch Aufnahmen von einzelnen Bahnen, wobei wir folgendermaßen vorgehen: Der Patient kaut ungestört an seinem Bissen; wir exponieren aber nicht nur einen Filmabschnitt, sondern wechseln etwa nach zwei bis drei Sekunden möglichst schnell das Bild, indem wir den Film in der Leica weiterdrehen. So bekommen wir Bilder mit zwei bis fünf einzelnen Kaubahnen, an denen alle Details genau auseinandergehalten werden können. Allerdings entgehen uns derart einige Bahnen einer Periode; dies ist aber weiter nicht von Belang, da wir ja vorgängig die Kauperiode in toto photographiert haben.

Um für die Analyse und Auswertung der Bahnen die nötigen Grundlagen zu haben, werden anschließend noch die zentrale Okklusion und die direkten Kontaktbahnen im Bilde festgehalten. Und schließlich wird vom ganzen Kopf noch eine Großaufnahme gemacht, die uns später wichtige Aufschlüsse über die Lage der Bahnen in Relation zu den Ebenen des Kopfes gibt.

Auf diese Weise werden die Aufnahmen auf der frontalen, sagittalen und horizontalen Ebene gemacht.

Die Entwicklung der Filme wird in einem sehr kontrastreich arbeitenden Entwickler vorgenommen, um die Bahnen möglichst scharf auf dem Bildhintergrund hervortreten zu lassen. Zur Bearbeitung und Auswertung werden die Filme Bild für Bild kopiert, und zwar werden die Bilder so vergrößert, daß die Bahn auf dem Bilde doppelt so groß erscheint als sie in Wirklichkeit gewesen ist; das ermöglicht eine sehr genaue Analyse.

3. Die Forschungsobjekte

a) Patienten

Bei der Auswahl der Versuchspersonen gehen wir vom Standpunkt aus, das in unseren Gegenden vorkommende «Durchschnittsgebiß» beim Kauen zu beobachten; wir schließen also mit Absicht alle «anormalen» Fälle aus. Wir untersuchen:

- 3 Fälle mit Psalidodontie und geringem Überbiß
- 3 Fälle mit Psalidodontie und tiefem Überbiß
- 1 Fall mit Labiodontie und leicht offenem Biß
- 1 Fall mit Labiodontie und stärkeren Abrasionen

Wir verzichten auf eine eingehendere Beschreibung der einzelnen Fälle und verweisen auf die umstehende Tabelle, wo alle für uns wesentlichen Merkmale übersichtlich zusammengestellt sind.

b) Nahrungsmittel

Vom mechanischen Standpunkt aus läßt sich die menschliche Nahrung außer den flüssigen in drei weitere Kategorien einteilen: weiche, zähe, harte. Jedes feste Nahrungsmittel, das wir uns einverleiben, kann durch eines dieser drei Adjektive charakterisiert werden, wobei allerdings unsere Speisen meist Mischungen der erwähnten Eigenschaften sind. Dementsprechend wählen wir für unsere Experimente auch unser Kaugut:

Tabelle 1

Name	Alter	Zahnverhältnisse				Intermaxilläre Beziehungen				Artikulationsverhältnisse							
		Zahnzahl		fehlende Zähne	Lücken	Abra-sionen	Kl. n. Angle	Bifart	over bite mm	over jet mm	Kreuz-biß	Zentraler Okklusion	labialer Okklusion	Kontakt in:			
		OK	UK											rechts	li	links	
W. S.	27	13	14	6—6 6+6 +4	keine	keine	1	Psalido-dontie	2	1	—3	überall	21+12	75321	-8	87+	-2378
C. C.	25	16	14	8-8	keine	beginnend Eckzähne buccale Höcker	1	Psalido-dontie	0,5	1	—	überall	überall	7643+	-67	6+	+34567
H. C.	27	16	15	—6	keine	keine	1	Psalido-dontie	3	2	—	überall	1+1	765432+	+7	7+	+457
E. H.	26	14	15	6+6	keine	keine	1	Psalido-dontie (tiefer Biß)	5	3	—	überall	1+1	32+	+8	8+	+3
R. E.	31	16	15	—1	keine	Front-Eckzähne	1	Psalido-dontie (tiefer Biß)	5	3	8-8	überall	1+1	8732+	+7	7+	+1234567
T. S.	27	16	16	keine	keine	keine	1	Psalido-dontie (tiefer Biß)	4	2	—	überall	1+	3+	—	—	+3
H. H.	26	16	16	keine	keine	beginnend Eckzähne buccale Höcker	1	Labio-dontie (leicht off. Biß)	—	1	—	Seiten	76+67	76543	+7	7+	+4567
H. W.	51	14	14	6+6 6—6	zw. 34 halbe Zahnbreite	2. Grades re stärker als links	1	Labio-dontie	0	1	7543+	überall	Front li Seite	852	+78	87+	+34567

Die weiche Nahrung wird durch weiches Brot verkörpert, und zwar verwenden wir nur die Krume, indem wir die meist harte Rinde wegschneiden.

Die zähe Nahrung ist in unseren Versuchen durch luftgetrocknetes, lange gelagertes Bündnerfleisch vertreten. Seine ausgesprochene Zähigkeit beruht auf den sehr soliden Fasern.

Als hartes Nahrungsmittel verwenden wir sogenannte «Chräbeli»; das ist ein gut durchgebackenes, trockenes Aniskonfekt, das beim Zerbeißen splittert und nur ganz allmählich mit dem Speichel weich wird. Es wird darauf geachtet, daß jeder Bissen, den wir verabreichen, ungefähr die gleiche Größe hat; und zwar schneiden wir das Fleisch in Würfel von ca. 1 cm Kantenlänge, während Brot und «Chräbeli» etwas größer sind.

4. Die Resultate

a) Vorbereitung zur Auswertung

Vorerst müssen wir ein Wort sagen über die Art und Weise, wie die Photographien bearbeitet werden, um sie für die Auswertung und die Analyse vorzubereiten.

Zuerst wird auf jedes Bild die genaue Lage der zentralen Okklusion übertragen. Dies ist leicht möglich, da wir ja von dieser Stellung eine spezielle Aufnahme gemacht haben. Die Übertragung gelingt eindeutig mit Hilfe der mitphotographierten Bezugspunkte.

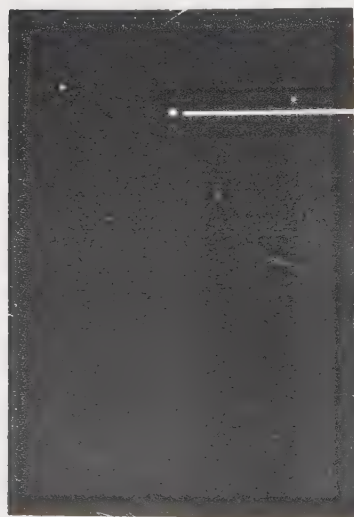


Bild der zentralen Okklusion

Abb. 7
(vergl. Text)

Übertragung der
zentralen Okklusion

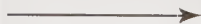


Bild der Kaubahnen

Dann wird auf jede Photographie jene Ebene eingezeichnet, auf die wir unsere Kurven beziehen, und zwar orientieren wir die Bahnen auf der Frontal- und Sagittalebene nach der Frankfurter Horizontalen, auf der Horizontalen nach einer Frontalebene. Dies gelingt ebenfalls leicht dank der Großaufnahme, die wir vom Kopfe jedes Patienten hergestellt haben. Auf dieser zeichnen wir die betreffende Bezugsebene, also z. B. die Frankfurter Horizontale als Linie ein. Dann legen wir durch die beiden Bezugspunkte eine Gerade, die mit der ersteren einen bestimmten Winkel bildet. Unter Berücksichtigung dieses Winkels ziehen wir anschließend auf den einzelnen Photos durch den vorgängig markierten Punkt der zentralen Okklusion die betreffende Ebene. Darauf wird dann noch die Senkrechte errichtet, sodaß die Bahnen in ein Koordinatenkreuz zu liegen kommen.

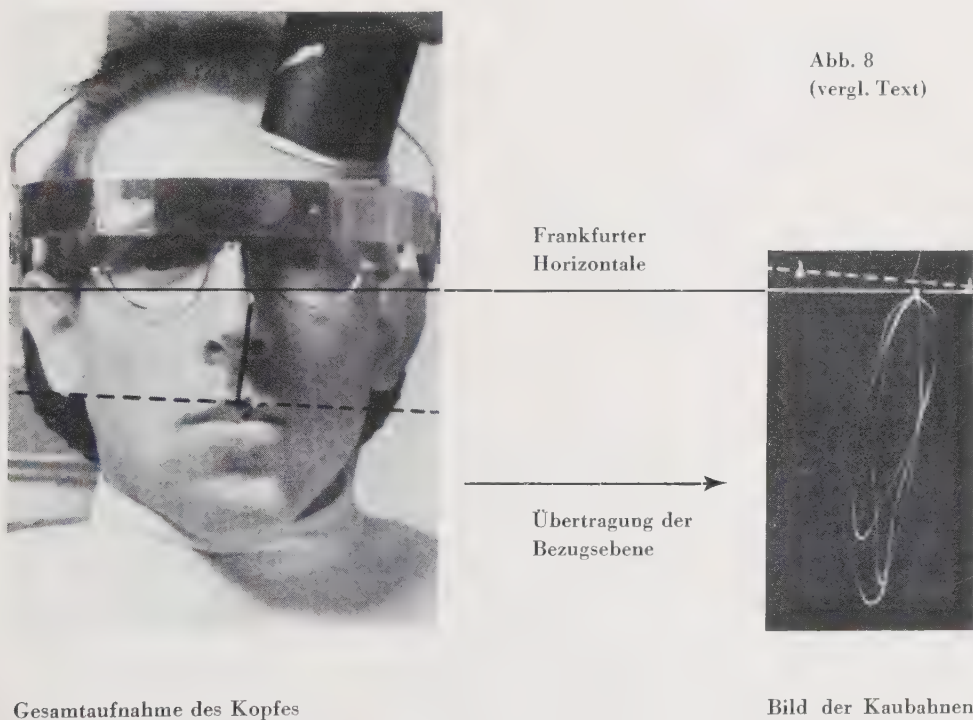


Abb. 8
(vergl. Text)

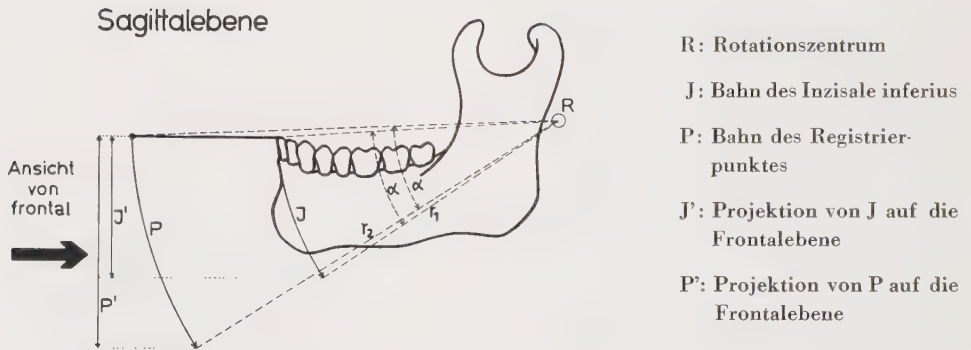
Nun werden die Photographien parallel zum eingezeichneten Koordinatenkreuz zurechtgeschnitten und auf einen großen Karton aufgezogen, und zwar erhält man für jede Versuchsperson drei Kartons, je einen für die Frontal-, die Sagittal- und die Horizontalebene. Auf jedem Karton gibt es drei Bilderreihen, je eine für Fleisch, Brot und «Chräbeli».

b) Projektionsbedingte Änderung der Bahnen

Es stellt sich die Frage, ob die von uns photographisch aufgezeichneten Kaubahnen den wirklichen Bahnen des Inzisale inferius entsprechen. Vor allem interessiert es uns, ob überhaupt und inwiefern die Verlagerung des Inzisalpunktes nach ventral einen Einfluß auf die registrierte Kaubahn hat. Da wir die Zähne beim Kauen gar nicht recht beobachten können, weil sie durch die Lippen verdeckt werden, sind wir genötigt, einen Punkt außerhalb der Mundhöhle zu beobachten. So wählten wir einen Punkt, der 5 cm ventral vom Inzisale inferius liegt. Diese Lage erscheint uns aus versuchstechnischen Gründen als nützlich. Andererseits aber werden durch diese Verlagerung unsere Bahnen tatsächlich beeinflußt. Das soll an den folgenden zwei Skizzen dargelegt werden.

Darstellung auf einer Sagittalebene

Abb. 9



Vereinfachend nehmen wir nur eine Rotation um ein Zentrum R an. Aus unserer, in richtigen Proportionen gezeichneten Darstellung ist ersichtlich, daß die Bahn des Registrierpunktes erheblich vergrößert ist gegenüber jener des Inzisalpunktes. Der Vergrößerungsfaktor ist wie folgt zu errechnen:

$$\alpha = \alpha$$

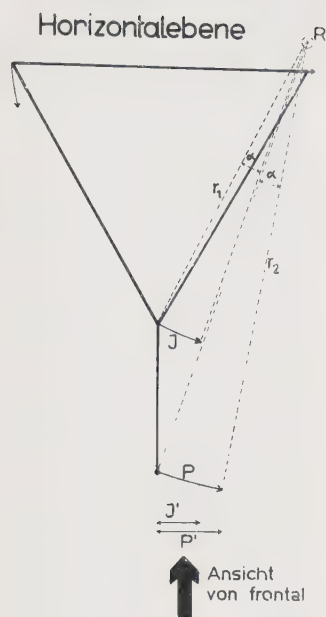
folglich kommt der Strahlensatz zur Anwendung:

$$P : J = r_2 : r_1$$

Die Vergrößerung V ist also:

$$V = \frac{P}{J} = \frac{r_2}{r_1} : \text{in unserer Skizze} : V = \frac{146}{96} = 1,52$$

Neben dieser kräftigen Vergrößerung tritt noch eine leichte Verzerrung in Erscheinung und zwar im Sinne einer Abflachung (als Folge des größeren Rotationsradius).



Darstellung auf einer Horizontalebene

Abb. 10

(Bonwill'sches Dreieck)

R: Rotationszentrum

J: Bahn des Incisale inferioris

P: Bahn des Registrierpunktes

J': Projektion von J auf die Frontalebene

P': Projektion von P auf die Frontalebene

Ganz ähnlich
liegen die Verhältnisse hier:

$$\alpha = \alpha$$

$$P : J = r_2 : r_1$$

$$V = \frac{P}{J} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{156}{107} = 1,45$$

Neben einer ca. 1,5fachen Vergrößerung stellt sich auch hier eine geringe Verflachung und — da das Rotationszentrum mehr exzentrisch liegt — auch eine Richtungsänderung ein.

Aus unseren Skizzen erhellt zudem, daß die Bahnen auch in der frontalen Ansicht eine 1,5fache Vergrößerung erfahren, wie sich aus dem Verhältnis P'/J' ergibt.

Zusammenfassend läßt sich also Vergrößerung und geringe Verzerrung feststellen. Es ist jedoch zu betonen, daß die von uns registrierten Bahnen den vom Incisale tatsächlich zurückgelegten Kurven ähnlich sind, sodaß sie bei Berücksichtigung der erwähnten Änderungen uns trotzdem ein genaues Bild vom Ablauf der Kautätigkeit zu geben vermögen.

c) Unterscheidung der Öffnungs- und Schließungsbahnen

Während z. B. bei kinematographischer Registrierung Öffnungs- und Schließungsphase ohne weiteres in jedem Fall eindeutig unterschieden werden können, muß unserer photographischen Methode zur Last gelegt werden, daß diese

genaue Unterscheidung im einzelnen Fall mitunter recht schwierig sein kann. Bei Beachtung folgender Punkte aber dürfte dieses Problem meistens eindeutig entschieden werden:

1. die allgemeine Form der Schleife erlaubt meist schon Öffnungs- und Schließungsphase auseinanderzuhalten.
2. Beobachtung des kauenden Patienten und der sofortige Vergleich mit dem entwickelten Film gestatten ebenfalls eine Unterscheidung.
3. Beim Kauen der harten «Chräbeli» kommt uns ein besonderer Umstand zu Hilfe: Die Öffnungsbahn verläuft mehr oder weniger gerade und ohne Unterbruch von der Schluß-Stellung in die maximale Abduktionsstellung, während die Schließungsbahn eigentümliche Unterbrechungen und einen sehr unregelmäßigen Verlauf aufweist, wenigstens so lange das Kaugut noch hart ist.
4. Des weiteren ergibt sich ein Hilfsmittel zur Unterscheidung aus der Art und Weise der Durchführung unserer graphischen Methode. Wenn wir bei der Registrierung der einzelnen Kaubahnen den Film bei offener Blende weiterdrehen, zeichnet sich auf diesem eine Linie ein, die gelegentlich auch den normalen Verlauf der Kaubahn abrupt unterbricht. Daraus ist mit Sicherheit zu schließen, welcher Teil der Kurve zuletzt aufgezeichnet und also auch beim Kauen zuletzt zurückgelegt worden ist. Von hier aus können wir dann die Bahn zurückverfolgen und so mit Bestimmtheit Öffnung und Schließung auseinanderhalten.
5. Schließlich haben wir auch bei allen Versuchspersonen und auf allen drei Ebenen Aufnahmen nur von der Öffnungs-, respektive der Schließungsphase gemacht, indem wir den Film nur gerade während der Öffnung, bzw. Schließung exponiert haben.

Wir sind der Überzeugung, daß es auf diese Weise tatsächlich möglich ist, die Öffnungs- und die Schließungsphase genau auseinanderzuhalten.

d) Verlauf der Kaubahnen auf der Frontalebene

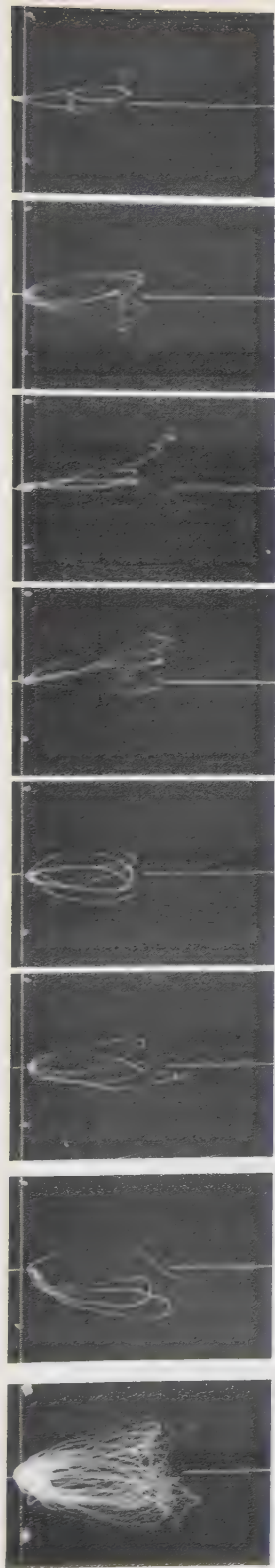
Von den mehreren Tausend Kaubahnen, die wir insgesamt an acht Patienten registriert haben, können wir im Folgenden relativ nur wenige im Bilde darstellen. Wir beschreiben deshalb all das mit Worten, was uns bei der Betrachtung und beim Studium aufgefallen ist.

Die Kaubahn präsentiert sich uns auf der Frontalebene als eine lange, mehr oder weniger breite Schleife, die ihre größte Breite meist im kaudalen Drittel erreicht, um sich gegen oben hin zu verjüngen und im Punkt der zentralen Okklusion zu endigen.

Abb. 11 **Registrierung auf der Frontalebene** Fall H. C. (Psalidodontie)

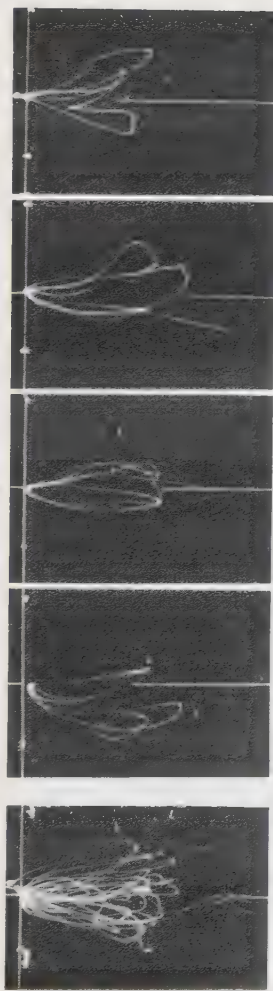
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
zähem,
luft-
getrock-
netem
Brot
flesch



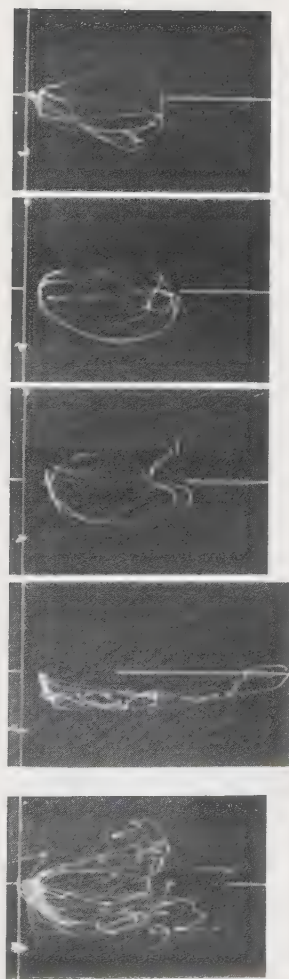
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
weichem
Brot-
krumen



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
hartem,
sprödem
Backwerk



An einer solchen einzelnen Bahn kann man einen absinkenden und einen aufsteigenden Schenkel unterscheiden: Öffnungs- und Schließungsbahn, oder wie *Wild* es nennt: Öffnungs- und Schließungsphase. Über ihre Unterscheidung auf unseren Photographien haben wir schon gesprochen.

Über die Öffnungsphase schreibt *Wild*: «Die Öffnungsbahn verläuft in der Regel nicht senkrecht nach unten, sondern weicht von Anfang an nach der Balancierseite von der Senkrechten ab. Die Zunge macht zuerst dem Bissen Platz und weicht nach der Balancierseite aus, um erst, nachdem der Bissen placiert ist, nach der Mastikationsseite zu rücken.» Dieses Verhalten finden wir bestätigt. Der Unterkiefer weicht zu Beginn der Öffnung meist auf die Balancierseite aus, überschreitet jedoch die Medianebene wieder noch vor Erreichung der maximalen Öffnungsstellung. Der Übergang in die Schließungsphase findet also meistens auf der Kauseite statt. Allerdings kann man in selteneren Fällen auch feststellen, daß die Medianebene während der ganzen Dauer einer Kaubahn nie überschritten wird. Die Öffnungsphase erscheint als eine gleichmäßig gebogene Kurve, die auf kurzem Weg in die Abduktionsstellung führt; Knickungen, Verschlingungen und Kreuzungen kommen vor, sind aber selten; offenbar macht sich uns in solchen Bildungen der Einfluß der Zunge bemerkbar.

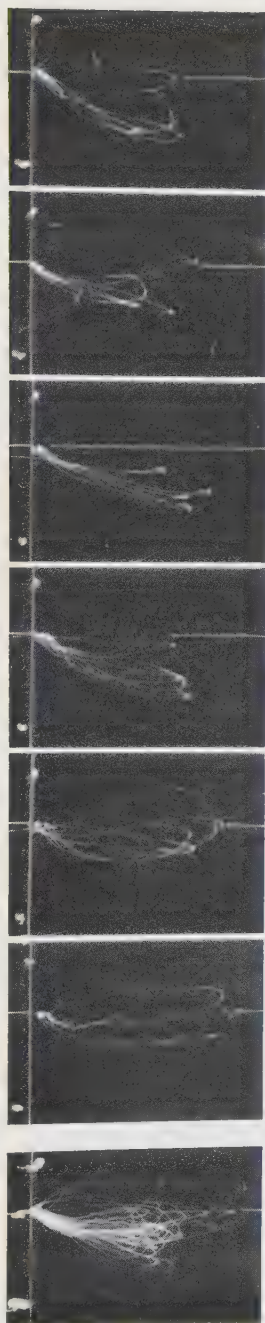
Der Übergang von der Öffnungs- zur Schließungsphase ist meistens abgerundet, nur selten konnten wir eine winklige Abknickung finden; damit stellen wir uns in Gegensatz zu *Eberhard*, dessen Bahnen in der Mehrzahl spitze Winkel aufweisen, was unserer Ansicht nach allerdings ein auf seiner Methode beruhendes Artefakt ist. Jedenfalls ist der allmähliche Übergang auch aus theoretischen Gründen viel eher anzunehmen als der plötzliche, handelt es sich doch um eine fließende Bewegung innerhalb eines physiologischen Vorganges.

Die Schließungsphase verläuft in der überwältigenden Mehrzahl der Fälle gänzlich auf der Kauseite. *Wild* schreibt: «Ein durchaus typisches Merkmal ist die Rückkehr in die Okklusion von der Mastikationsseite her.» Im Gegensatz zur Öffnungsphase erscheint die Schließungsbahn jedoch nicht mehr so zielstrebend, indem hier des öfteren Ausbuchtungen, Abknickungen, Verschlingungen usw. vermerkt werden. Das hat seinen Grund wohl im Einfluß des Bissens auf die Kautätigkeit; denn diese Bildungen häufen sich vor allem bei der harten, aber auch bei der zähen Nahrung, während sie beim weichen Brot, das ohne weiteres durchbissen werden kann, meistens fehlen.

Gegen Ende der Schließungsphase kann man in vielen Fällen eine Reibebahn erkennen. Diese verläuft stets gradlinig gegen die zentrale Okklusion, jedoch absolut nicht immer horizontal. Die Verlaufsrichtung der Reibebahn stimmt mit derjenigen der direkten Kontaktbahn überein, die ihrerseits vor allem vom Grad des Überbisses bestimmt wird. Eine horizontale Reibebahn konnten wir im Fall H. W. (Abrasionstyp) erkennen, während sie im Fall R. E.

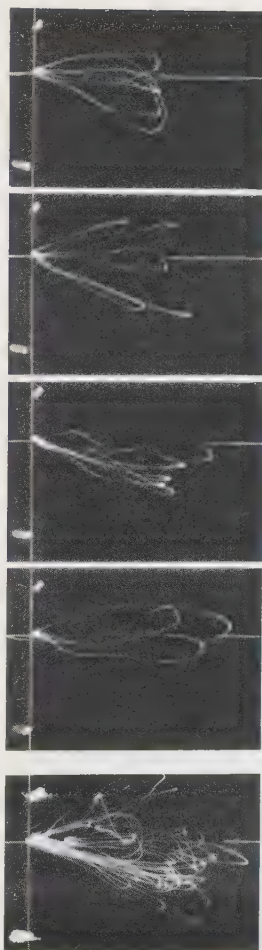
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
zähem,
luft-
getrock-
netem
Binder-
fleisch



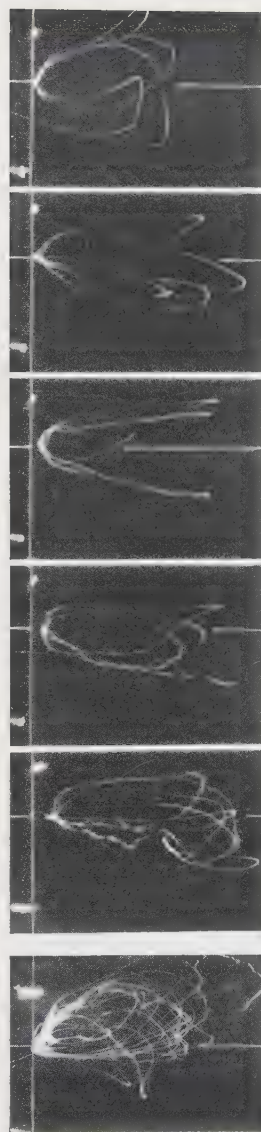
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
weichen
Brot-
krumen



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
hartem,
sprödem
Backwerk



ungefähr in einem Winkel von 40^0 gegen die Schluß-Stellung hin verläuft. Das Vorkommen, respektive Nicht-Vorkommen einer Reibebahn bedingt die Unterscheidung Hackbiß - Reibebiß.

Die Länge der Strecke, während welcher gerieben wird, ist gering. Man darf annehmen, daß, wenn überhaupt eine Reibekomponente gefunden wird, diese durchschnittlich 1 mm lang ist, 2 mm jedoch nie übersteigt: es sei denn in Fällen, wo der Bissen zufolge seiner Konsistenz von den Zähnen noch nicht durchdrungen werden kann, sodaß der Unterkiefer entlang dem harten Bissen reibt und eine günstige Stelle für den Einbruch sucht.

Als allgemein gültige Regel kann ausgesagt werden, daß auf der Frontalebene die Schließungsphase lateral von der Öffnungsphase verläuft, d. h. die Öffnungsphase liegt oral, die Schließungsphase fazial. Allerdings gibt es gelegentlich Ausnahmen.

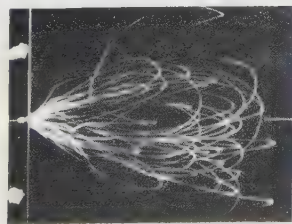
Da unseren Versuchspersonen bezüglich der Kauseite keine Befehle gegeben worden sind, waren sie völlig frei, ob sie links oder rechts den Bissen bewältigen wollten. Wir können nun feststellen, daß bei allen Patienten beide Seiten zum Kauen benutzt wurden, wobei auch meistens innerhalb einer Periode die Kauseite ein- oder mehrere Male gewechselt wird. Das erhellt sowohl aus den Bildern, die einzelne Bahnen darstellen, als auch aus jenen, die die ganze Kauperiode zeigen. Allerdings läßt sich bei einzelnen Versuchspersonen eine gewisse Vorliebe für links oder rechts feststellen.

Eine Eigentümlichkeit, die wir überall feststellen konnten, besteht darin, daß der Unterkiefer bei den ersten Kaubewegungen noch nicht in die zentrale Okklusion zurückkehrt; und dies einfach deshalb, weil der Bissen ihn daran hindert, vorzugsweise bei der harten und zähen Nahrung, weniger bei der weichen. Vorläufig ist eben die Konsistenz des Bissens noch so, daß ihn die Zähne nicht durchdringen können; der aufzuwendende Druck müßte sehr groß sein, wodurch Schmerzen in der Wurzelhaut entstünden. Erst allmählich — zufolge der Zerteilung und Einspeichelung — wird die physikalische Beschaffenheit des Kaugutes derart, daß die Zähne unter Aufwendung eines physiologisch erträglichen Druckes den Bissen bis zur direkten Okklusion der Zähne durchtrennen können. Zu Beginn einer Periode stellen wir also indirekte Okklusion fest — ganz besonders schön zu sehen beim harten Backwerk —, die mit fortschreitender Kautätigkeit in die direkte Okklusion übergeht.

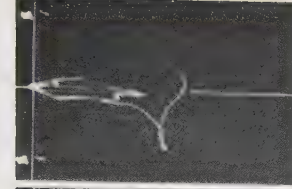
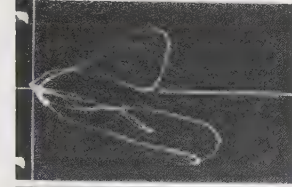
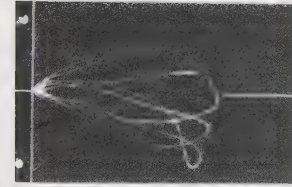
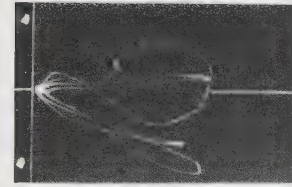
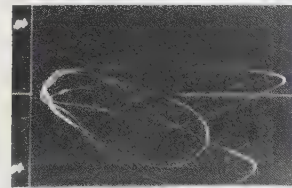
Interessant ist die Anzahl der Kaubewegungen festzustellen, die ausgeführt werden, bis ein Bissen schluckbereit ist. Wir gelangen durch Auszählung der Bilder von den Kauperioden zu einem guten Resultat. Als Durchschnittswerte erhalten wir bei unseren acht Versuchspersonen:

für zähes, getrocknetes Fleisch	42 Bahnen
für Brot (weiche Krume)	26 Bahnen
für hartes, sprödes Backwerk («Chräbeli»)	31 Bahnen

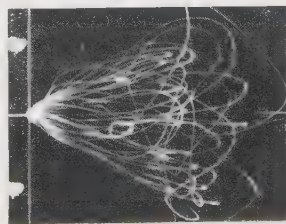
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



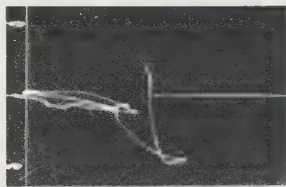
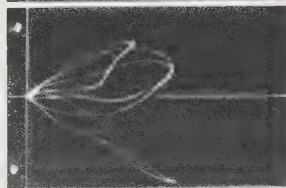
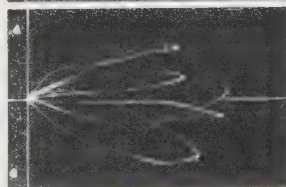
Kauen von
zähem,
luft-
getrock-
netem
Brot-
fleisch



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



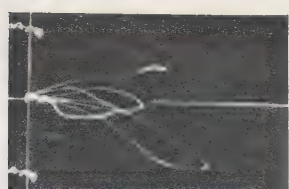
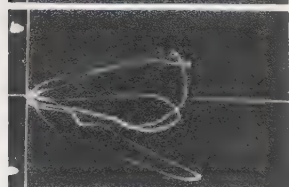
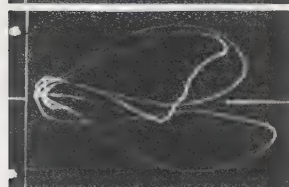
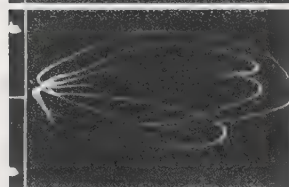
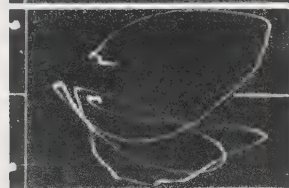
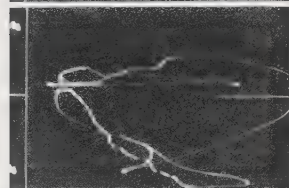
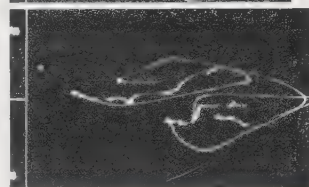
Kauen von
weichen
Brot-
krumen



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



Kauen von
hartem,
sprödem
Backwerk

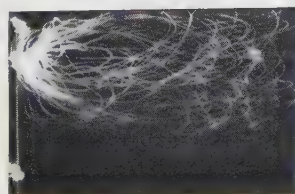


Die zähe Nahrung verursacht also am meisten Arbeit, während das weiche Brot am schnellsten bis zur Schluckreife bearbeitet ist. Die größten Schwankungen in der Anzahl der ausgeführten Kaubewegungen finden wir beim harten und trockenen Backwerk; H. H. 15, R. E. 42. Das hängt wahrscheinlich mit dem verschieden starken Speichelfluß zusammen. Denn dieser trockene Bissen benötigt eine große Menge Flüssigkeit, um ihn überhaupt schlucken zu können; jedenfalls verlangte unsere Versuchsperson R. E. sofort nach dem Kauen von «Chräbeli» zu trinken, da er einen ausgetrockneten Mund habe. Es ist bemerkenswert, daß R. E. die Gewohnheit hat, zu allen Mahlzeiten Flüssigkeit zu sich zu nehmen.

Aus unseren Bildern kann auch ersehen werden, wie weit der Unterkiefer geöffnet wird, um seine Kautätigkeit auszuüben. Allerdings bestehen gerade hier sehr große individuelle Unterschiede, und zudem wird die Öffnungsamplitude primär bestimmt durch die Größe des Bissens. Da unsere verabreichten Bissen jedoch alle ungefähr gleich groß waren, können wir Vergleiche anstellen. Zu Beginn einer Periode beträgt die Öffnung im Durchschnitt ca. 2,5 cm; das ist die Länge der Strecke, die das Inzisale inferius zurücklegt. Die individuellen Unterschiede sind groß: z. B. bei H. C. durchschnittlich nur 1,6 cm, bei W. S. dagegen ca. 3 cm. Je länger an einem Bissen gekaut wird, umso kleiner wird die kaudale Abduktion. Sie beträgt im Durchschnitt aller beobachteten Fälle nur noch ca. 1,6 cm (Schwankungen von 2,2 cm (C. C.) bis 1,3 cm (H. C.)). Diese Verkleinerung der Öffnung entspricht ganz dem Grundsatz der Oekonomie der Kräfte (*Wild*). Denn je länger die Kautätigkeit ausgeübt wird, umso kleiner wird der Bissen. Dieser Verkleinerung des Bissens folgt auch eine Verkleinerung der Öffnung. Das ist zweckmäßig.

Eberhard beschreibt in seiner Arbeit über die Kaubewegungen drei Typen von Bahnen, die innerhalb einer Periode zu beobachten seien: zuerst ziemlich regelmäßige Kurven, bedingt durch das Einbrechen der Zahnreihen in die Speise; dann viel bewegtere Kurven mit Winkeln, Schlingen usw., die die Arbeit der Zunge zum Ausdruck bringen sollen; und drittens wieder regelmäßige Bahnen. Dieser Ansicht *Eberhards* können wir uns — gestützt auf unsere eigenen Untersuchungen — nicht anschließen. Denn wir können in keinem einzigen unserer Fälle eine ähnliche Dreiteilung innerhalb einer Periode feststellen. Vielmehr scheint es uns, daß der Kauakt während der ganzen Dauer einer Periode ziemlich gleichmäßig vor sich geht; man beachte nur den Fall H. W. Es ist im übrigen auch gar nicht einzusehen, warum sich der Einfluß der Zunge, die sicherlich beim Kauen eine äußerst wichtige Rolle spielt, nur in der Mitte einer Periode bemerkbar machen soll. Unserer Ansicht nach beeinflußt die Zunge jede einzelne Kaubewegung von Anfang bis Ende in gleichem Maße, und das kommt schon in der allgemeinen Form der Kaubahn zum Ausdruck. Wenn wir abnorme Schlingen, Winkel und Abknickungen usw. beobachten, kann das bedingt sein durch eine entsprechende Bewegung der Zunge; jedoch

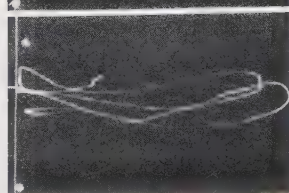
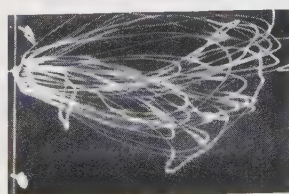
Kauen von
zähem,
luft-
getrock-
netem
Binden-
fleisch



Ganze Kauperiode

Einzelne Kaubahnen

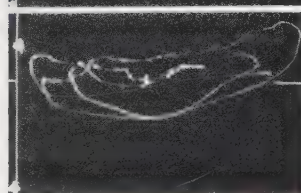
Kauen von
weichen
Brot-
krumen



Ganze Kauperiode

Einzelne Kaubahnen

Kauen von
hartem,
sprödem
Backwerk



haben wir keinen zwingenden Beweis für diese Annahme. Denn unsere Methode ist für die Erforschung der Zungenbewegungen gänzlich ungeeignet. Wir können höchstens sekundär aus den Kieferbewegungen auf eventuell stattgehabte Bewegungen der Zunge schließen. So nehmen wir z. B. im Falle R. E. (Fleisch, Bild 7) an, daß hier die Zunge — allerdings schon nach Abschluß der Periode — noch im Munde vorhandene Speiseresten auf der rechten Seite sucht und so den Unterkiefer mit sich auf dieselbe Seite zieht, ganz im Sinne der *Wild'schen* Lehre von der Homotropie. Ähnliche Bilder, die sicherlich auf der Führung des Unterkiefers durch die Zunge beruhen, sehen wir z. B. auch im Fall R. E. (Brot, Bild 3 und 4), im Fall H. C. (Fleisch, Bild 7; Brot, Bild 4), im Fall H. W. («Chräbeli», Bild 6) usw. Solche Erscheinungen sind aber nicht als Regel zu betrachten, sondern eher als Ausnahmen vom normalen Verlauf der Kaubahnen zu werten. Wir glauben aber, daß schon jede als normal zu taxierende Kaubahn ihre eigentümliche Form erst durch den Einfluß der Zunge erhält, indem diese gewissermaßen die «Urform» der Kaubewegungen entsprechend ihrem eigenen Bewegungsablauf moduliert. Wo und wie das genau geschieht, entzieht sich der Erforschungsmöglichkeit mittelst unserer Methode, die ja nur ganz separat die Bewegungen des Inzisale inferius registriert.

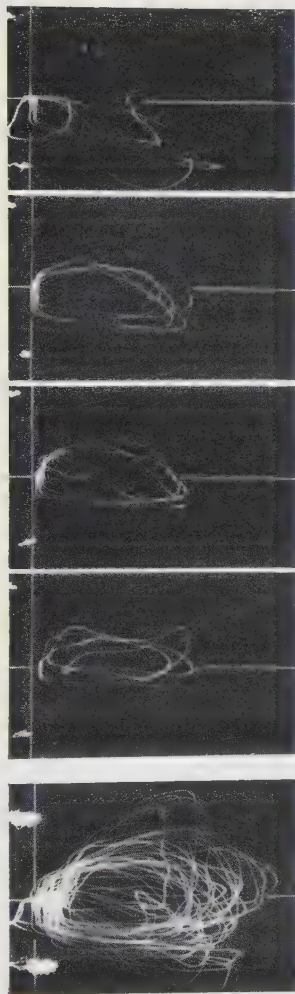
e) Verlauf der Kaubahnen auf der Sagittalebene

Es sei vorausgeschickt, daß die Darstellung auf der Sagittalebene — wie vor allem auch auf der Horizontalebene — uns kein gleich anschauliches Bild vermittelt vom Ablauf der Kaubewegungen wie jene auf der Frontalebene. Denn beim Kauen gehen die Exkursionen zur Hauptsache nach kaudal und lateral, und nur in geringerem Ausmaß nach ventral; aber gerade jene beiden Dimensionen erfaßt die Frontalebene, während die Sagittalebene eine wesentliche Amplitude der Kaubewegung — nämlich die laterale — nicht widerzugeben vermag. Analog liegen die Verhältnisse für die Horizontalebene. Gleichwohl bringen wir die Sagittal- und die Horizontalebene im Bilde und beschreiben ihre Kurven, weil wir auch aus den Projektionen auf diese Ebenen Wertvolles über den Ablauf des Kauvorganges herauslesen können. Im übrigen muß man sich immer klar vor Augen halten, daß sich der Unterkiefer beim Kauen im Raume bewegt, daß es also eine dreidimensionale Bewegung ist, und daß alle unsere Kurven nur Projektionen dieses räumlichen Vorganges auf eine Ebene darstellen. Dies sei nachdrücklich betont.

Auf der Sagittalebene tritt uns die Kaubahn als eine lange, sehr schmale Schleife entgegen. Von der Schlußstellung aus verläuft sie nach kaudal und dorsal, indem sie in einem durchschnittlichen Winkel von ca. 15° von der Vertikalen gegen dorsal abweicht, wobei allerdings große, individuelle Variationen vorkommen, was offenbar auf der Lage der Rotationsachse beruht.

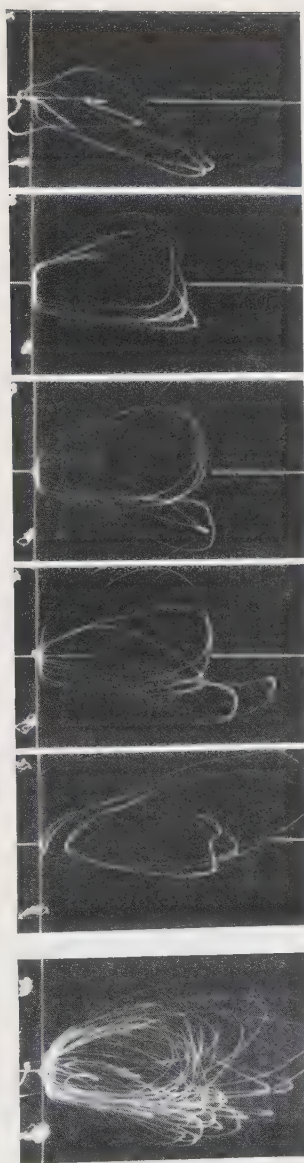
Kauen von zähem,
luftgetrocknetem
Bindenfleisch

Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



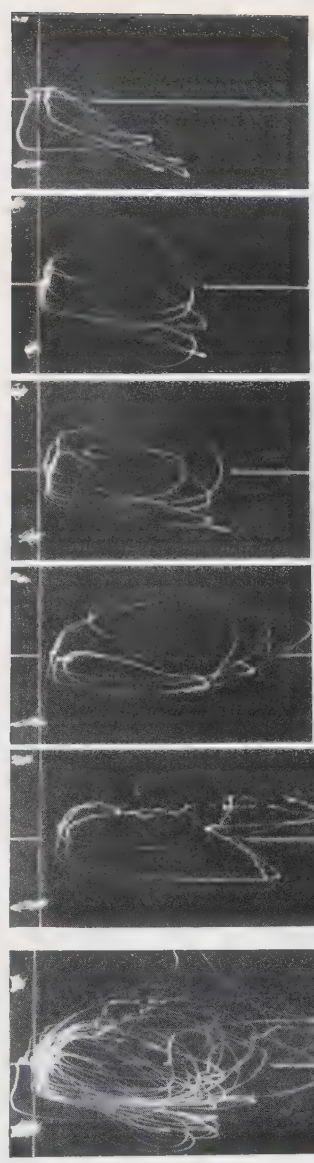
Kauen von weichen
Brotkrumen

Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



Kauen von hartem,
sprödem Backwerk

Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



Die Öffnungsbahn verläuft meist ziemlich direkt und gerade bis zur maximalen Kaudalstellung, wo dann ziemlich unvermittelt — in Form eines spitzen Winkels oder auch einer Kurve mit sehr kleinem Krümmungsradius — der Übergang zur Schließungsphase stattfindet. Diese ihrerseits strebt auf direktem Wege wieder in die Okklusionsstellung zurück. Jedenfalls sind dorso-ventrale Aberrationen — denn diese könnten ja vor allem auf der Sagittalebene festgehalten werden — selten.

Die Lagebeziehung der Öffnungs- gegenüber der Schließungsphase ist nicht eindeutig. Wohl stellt man fest, daß die kaudale Bahn meist dorsal von der kranialen liegt — doch können wir auch oft das Gegenteil sehen, indem die Schließungsphase dorsal verläuft. Oft kreuzen sich die beiden Bahnen auf halbem Weg. Die bis anhin angenommene Regel, die Öffnungsphase verlaufe dorsal von der Schließungsphase, darf vielleicht einer schematischen Darstellungsweise zuliebe beibehalten werden. Doch sei man sich bewußt, daß sie keineswegs unbedingte Gültigkeit beanspruchen kann.

Die Darstellung auf der Sagittalebene wäre ausgezeichnet geeignet, eine eventuell stattfindende sagittale Reibebewegung sicherzustellen. Bei Durchsicht all unserer Aufnahmen können wir aber nirgends ein sagittales Gleiten des Unterkiefers feststellen. Es gibt allerdings einige wenige Bilder (z. B. R. E.), wo man an ein minimales sagittales Gleiten denken könnte; doch kann man sich das auch so erklären: der Unterkiefer reibt in transversaler Richtung; da aber diese Bewegung nicht rein transversal verläuft, sondern schräg von vorn-unten-außen nach hinten-oben-innen, so ist in ihr auch eine gewisse sagittale Komponente enthalten, die auf der sagittalen Projektion als rein sagittale Bewegung erscheint. Das ist aber nur die Folge der Projektion einer räumlichen Bewegung auf eine bestimmte Ebene.

Wie auf der Frontalebene können wir auch auf der Sagittalebene den allmählichen Übergang von der indirekten zur direkten Okklusion feststellen, besonders schön beim Kauen von «Chräbeli» und Fleisch. Bei Beginn der Kauperiode wird die Speise von den Zähnen noch nicht gänzlich durchtrennt; dies erfolgt erst später, wenn der Bissen genügend gekaut und eingespeichelt ist, so daß er ohne allzu großen Druckaufwand durchtrennt werden kann.

Sehr schön sehen wir auch das allmähliche Kürzerwerden der Schleifen, indem die Öffnungsamplituden gegen Ende der Kauperiode immer kleiner werden.

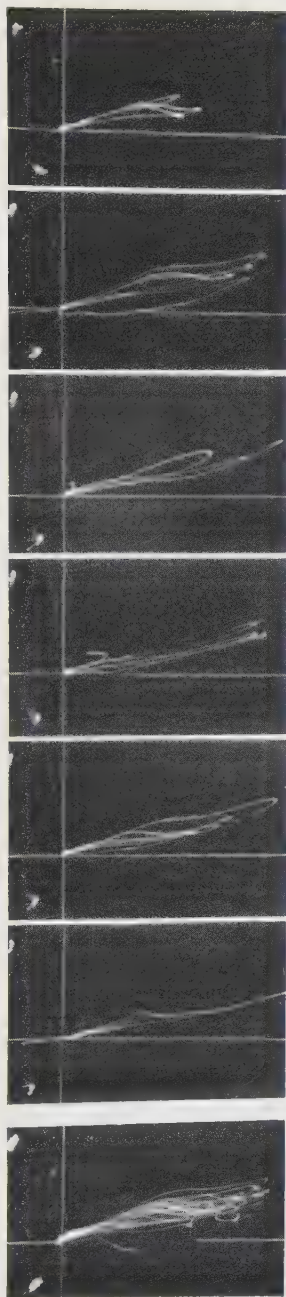
Die Größe der Öffnung bleibt sich natürlich gleich auf der Sagittalebene wie auf der Frontalebene: also durchschnittlich etwa 1,5 bis 2,5 cm. Ebenfalls erhalten wir für die Anzahl der Bahnen einer Kauperiode analoge Werte wie auf der Frontalebene.

f) Verlauf der Kaubahnen auf der Horizontalebene

Eigentlich ist die Horizontalebene zur Darstellung der Kaubahnen recht ungeeignet, da auf ihr die kaudale Exkursion, die die größte ist, nicht aufge-

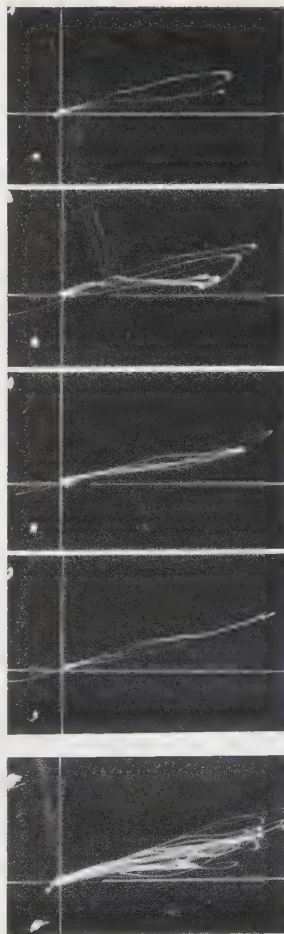
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
zähem,
luft-
getrock-
netem
Binden-
fleisch



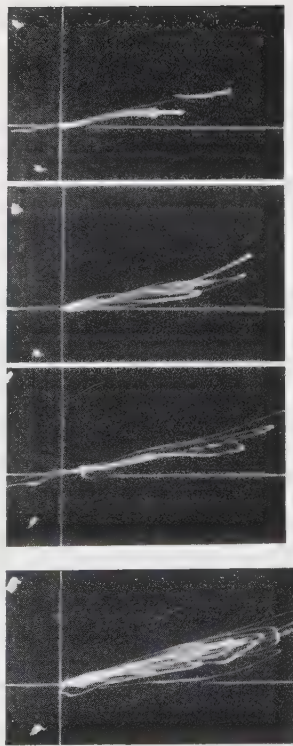
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
weichen
Brot-
krumen



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen

Kauen von
hartem,
sprüdem
Backwerk



zeichnet wird. Und trotzdem kann uns die Projektion auf die Horizontale sehr wertvoll werden; denn sie gibt uns vor allem darüber Aufschluß, ob die Bewegung in transversaler oder sagittaler Richtung erfolgt.

Ganz besonders bei der horizontalen Projektion der Kaubahnen müssen wir uns der Tatsache bewußt sein, daß es sich um eine dreidimensionale Bewegung handelt. Wir müssen uns die dritte Dimension der Tiefe eindrucklich im Geiste vorstellen, wenn wir die Kurven richtig beurteilen wollen.

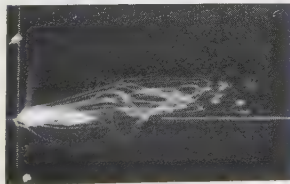
Die Registrierung der Kaubahnen auf der Horizontalebene ist mit unserer photographischen Methode sehr schwierig, weil sich der Bewegungspunkt weit aus der mittleren Focus-Distanz des Objektives entfernt, so daß die Schleifen bei größeren Öffnungsbewegungen unscharf werden. Wir suchen diese Schwierigkeit dadurch zu umgehen, daß wir die Blende möglichst schließen, wodurch ja bekanntlich die Tiefenschärfe eines Objektives zunimmt. Auf diese Weise erhalten wir doch noch befriedigende Kurven.

Eine einzelne Kaubahn, projiziert auf die Horizontalebene, kann als quer-gestellte Schleife charakterisiert werden. Aus der zentralen Okklusion führt die Kaubewegung den Inzißpunkt entweder direkt auf die Mastikationsseite, oder man stellt meistens — in völliger Übereinstimmung mit der Frontalebene — ein leichtes Ausschwingen des Unterkiefers während der Öffnung nach der Balanceseite fest. Die Bewegung geht nach dorsal. Sehr bald aber wird die Mittellinie gegen die Kauseite hin wieder überschritten und der Kiefer erreicht seine maximale Lateralstellung auf der Mastikationsseite. Von hier aus erfolgt anschließend der Schluß in die Okklusionsstellung, und zwar in rein transversaler Richtung. Gerade diese Tatsache ist auf der Horizontalprojektion recht augenfällig; man bekommt fast ausnahmslos den Eindruck, daß der Kauvorgang vorwiegend in transversalen Bewegungen abläuft. Bilder, die auf einen sagittalen Bewegungsablauf hindeuten würden, kann man nicht feststellen. Jedenfalls bewegt sich das Ende der Schließbewegung ausnahmslos in beinahe streng transversaler Richtung, wobei nur kleine Abweichungen vorkommen.

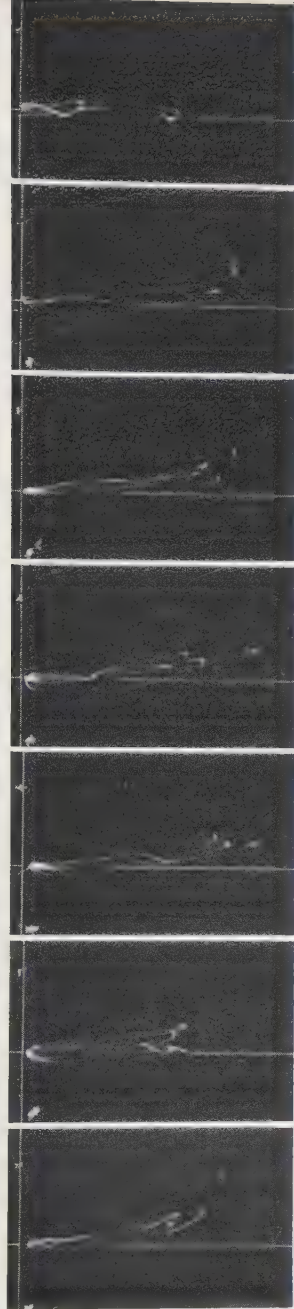
Die Darstellung auf der Horizontalebene beweist überdies sehr augenfällig, daß dem früher soviel diskutierten «Vorbiß» nicht jene Bedeutung zugemessen werden darf, die er in der klassischen Zeit der Artikulationsforschung (*Gysi* u. a.) beansprucht hat. Es ist bemerkenswert, daß alle Kaubahnen auf der Horizontalebene gänzlich außerhalb jenes Feldes liegen, das durch den sogenannten Pfeilwinkel (gotischer Bogen) umschlossen wird.

Neben diesen wesentlichen Feststellungen, die uns die Darstellung auf der Horizontalebene ermöglicht, können wir auch noch erkennen, auf welcher Seite gekaut wird, und ob während einer Periode eventuell die Kauseite gewechselt wird. Schließlich können wir auch noch leicht die Anzahl der Bahnen auszählen, die für das Kauen eines Bissens einer bestimmten Speise benötigt werden. Im Großen und Ganzen gelangen wir zu denselben Ergebnissen wie bei der Registrierung auf der Frontalebene, resp. Sagittalebene.

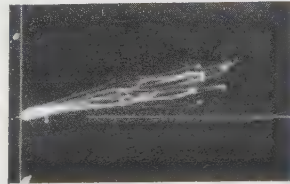
Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



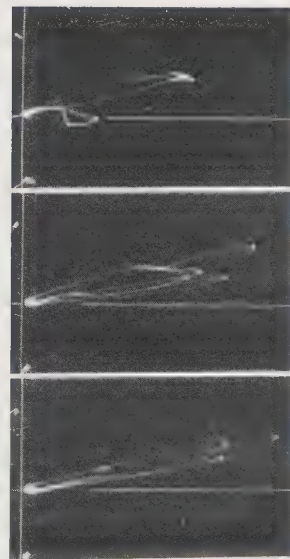
Kauen von
zähem,
luft-
getrock-
netem
Binden-
fleisch



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



Kauen von
weichen
Brot-
krumen



Ganze Kauperiode Einzelne Kaubahnen



Kauen von
hartem,
sprödem
Backwerk

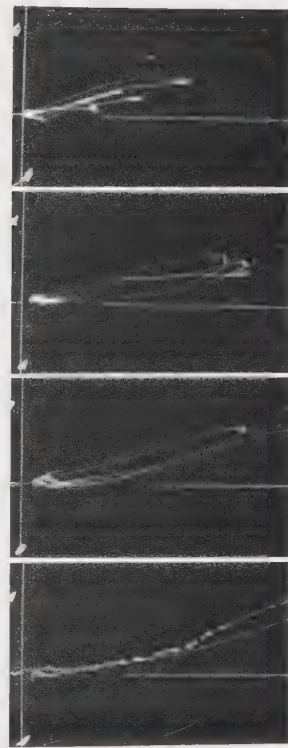


Abb. 18 **Registrierung auf der Horizontalebene** Fall H. W. (Labiodontie)

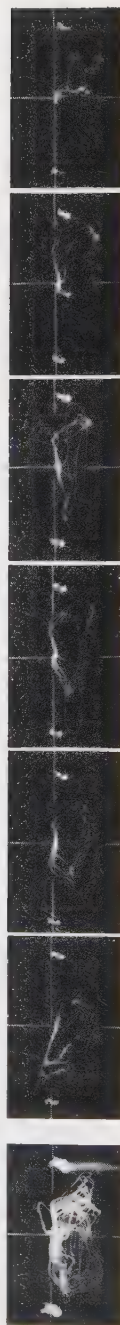
Kauen von zähem, luftgetrocknetem Bindenfleisch

Kauperiode Einzelne Kaubahnen



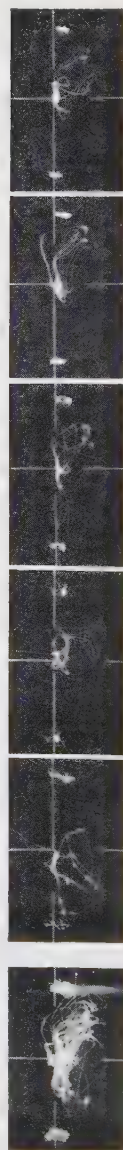
Kauen von weichen Brotkrumen

Kauperiode Einzelne Kaubahnen



Kauen von hartem, sprödem Backwerk

Kauperiode Einzelne Kaubahnen



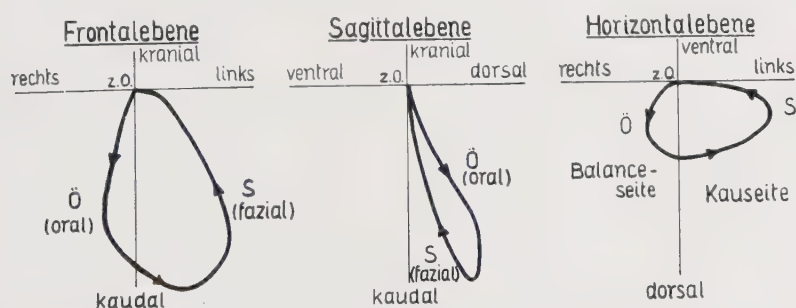
5. Schlußfolgerungen

a) Allgemeines über Form und Verlauf

Unter «Kaubahn» verstehen wir den auf eine Hauptebene projizierten Weg eines bestimmten Punktes des Unterkiefers während des Kauens. Was uns zuallererst auffällt, ist die Tatsache, daß es während des Kauens eines Bissens nicht zwei Bahnen gibt, die völlig gleich wären. Die Bahn ist eine schleifenförmige Kurve; aber jede Kurve ist einmalig, sie unterscheidet sich von allen übrigen, sei es in Bezug auf die Größe der kaudalen, lateralen oder ventralen Exkursion, oder sei es in Bezug auf die allgemeine Form, den Duktus der Bahn. Diese Variabilität des Bewegungsablaufes ist ein Phänomen des Lebens im allgemeinen; dadurch steht es im Gegensatz z. B. zur unbelebten Maschine mit ihren starren, unverändert gleichen Bewegungen. Es kommt hier die biologische Eigengesetzlichkeit zum Ausdruck gegenüber dem physikalischen Geschehen in der toten Materie, das sich vorausberechnen läßt. Denn für das lebende Wesen haben nicht nur strenge, physikalische Gesetze Geltung, sondern es untersteht seinen biologischen Gesetzen, die anders geartet sind, jedenfalls viel «elastischer» in ihrer Anwendung auf den Einzelfall.

Wir haben die Kaubewegungen auf den drei im Raume senkrecht aufeinanderstehenden Hauptebenen beobachtet und finden, daß jede Projektion ein bestimmtes Bild ergibt, indem sich *typische Merkmale* feststellen lassen. Auf der Frontalebene erkennen wir die breite, auf der Sagittalebene die schmale und auf der Horizontalebene die quergestellte Schleife. Die einzelne Kaubahn setzt sich aus der Öffnungs- und Schließungsphase zusammen, die auf jeder der drei Projektionsebenen ihren typischen, stets wiederkehrenden Verlauf aufweist.

Abb. 19 Typische Merkmale der Kaubahnen, dargestellt auf den drei Hauptebenen



Neben diesen typischen finden wir auch *individuelle Merkmale* im Ablauf der Bewegungen. Das sind eben jene, die die Einmaligkeit der Form jeder einzelnen Kaubahn bedingen. Wild schreibt dazu: «Man kann erkennen, daß auch nicht eine Einzelbahn gleich der andern verläuft, daß aber alle auf die gleiche Ebene projizierten Bahnen einander ähnlich sind.»

Noch ein Drittes ist bemerkenswert: für jede Versuchsperson gibt es einen ihr eigentümlichen Ablauf der Kaubewegung. Das sind die *persönlichen Merkmale*, die sich auf die nervöse Reaktionsweise des Individuums zurückführen lassen (*Wild*).

b) Hackbiß-Reibebiß

Beim Problem des Hack- oder Reibebisses handelt es sich um Kauarten (*Wild*), also um die Art und Weise, wie ein Bissen durch das Kauorgan bearbeitet wird. Der Hackbiß zeichnet sich dabei durch einfachen Schluß in die buccale oder zentrale Okklusion aus, worauf sofort wieder zu einer weiteren Öffnungsbewegung angesetzt wird; charakteristisch ist das Fehlen einer Artikulations- oder Reibebahn. Im Gegensatz dazu ist das integrierende Merkmal des Reibebisses der Schluß in die buccale Okklusion mit anschließendem Gleiten in die zentrale Okklusion. Folglich werden Hackbiß, bzw. Reibebiß einzig durch das Fehlen, resp. Vorhandensein einer Reibebahn unterschieden.

Es ist vor allem das Verdienst von *Wild*, diese beiden Begriffe klar erfaßt und beschrieben zu haben. Von ihm stammt auch der recht zutreffende Vergleich der Arbeit von Unter- und Oberkiefer im Kauvorgang mit der Zerkleinerung und Durchknetung durch Pistill und Mörser.

Welche Kauart nun von einem Individuum angewendet wird, hängt von verschiedenen Umständen ab. Einmal beeinflußt die Bißart die Kauart in ganz bestimmter Richtung, und zwar bevorzugt der Kopfbiß den Reibebiß, der Scherenbiß den Hackbiß. Das ergibt sich auch aus unseren Versuchen, wo im Fall H. W. (Kopfbiß mit Abrasionen) vorwiegend nach dem Schema des Reibebisses gekaut wurde, während z. B. im Fall R. E. (tiefer Biß) fast ausschließlich der Hackbiß Anwendung fand. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß sich nicht auch der Scherenbiß des Reibebisses bediente. Vor allem ist es ein Umstand, der die Kauart entschieden beeinflußt, nämlich die Art und die Konsistenz der Nahrung. Wir können immer wieder feststellen, daß der weiche Bissen (Brotkrume) fast ausnahmslos durch reinen Hackbiß bearbeitet wird, während das spröde, harte Backwerk dem Reibebiß starken Vorschub leistet. Merkwürdigerweise bedingt zähes Fleisch nicht immer den Reibebiß, wie man erwarten würde, sondern häufig wird es auch nach dem Prinzip des Hackbisses gekaut, z. B. im Fall E. H.

In manchen Fällen konnten wir beobachten, daß zu Beginn einer Kauperiode, wenn der Bissen noch hart oder zäh ist, der Reibebiß angewendet wird, während dann allmählich mehr und mehr der Hackbiß in Erscheinung tritt. Das deutet darauf hin, daß die schwerere Kauarbeit — die Bewältigung eines harten oder zähen Bissens — dem Reibebiß ruft, der effektvoller ist, während die leichtere Aufgabe — das Kauen von weicher Nahrung — einfach durch Öffnen und Schließen im Hackbiß erledigt wird. Also auch in diesem Detail des Kauvorganges läßt sich das Prinzip der Ökonomie der Kräfte erkennen.

Schließlich soll noch festgehalten werden, daß der Reibebiß besonderer Artikulationsverhältnisse wegen in gewissen Fällen überhaupt nicht möglich ist. Im Falle T. S. z. B. kann der Reibebiß nicht ausgeführt werden, weil im Seitbiß links und rechts nur die Eckzähne in Kontakt sind, während die Prämolaren und Molaren klaffen (vergleiche Tabelle I). In diesem Fall bedingen die besonderen mechanischen Verhältnisse im Zusammenspiel der hinteren, mittleren und vorderen Führung des Unterkiefers den Hackbiß.

c) Die Kauseite

Unsere Versuchspersonen waren völlig frei in der Wahl der Kauseite, d. h. sie wurden in keiner Weise beeinflußt, ihren Bissen auf der rechten oder linken Seite zu kauen. Bei der Durchsicht aller unserer Bilder können wir feststellen, daß häufig abwechselungsweise einige Kaubewegungen auf der einen und anschließend einige Bewegungen auf der anderen Seite gemacht wurden. Nur selten wird der ganze Bissen ausschließlich auf ein- und derselben Seite gekaut.

Wenn wir zahlenmäßig links und rechts vergleichen, können wir nicht feststellen, daß die Benützung einer bestimmten Seite vorherrscht.

Im Fall H. W. erkennen wir jedoch eine eindeutige Vorliebe für die linke Seite, indem über 70 % aller Kaubewegungen links ausgeführt werden. Der Grund scheint klar zu sein, denn erstens hat H. W. beim Seitbiß links die besseren Artikulationsverhältnisse, wie aus Tabelle I ersichtlich ist, und zweitens besteht rechts im Gebiet von 3 bis 7 Kreuzbiß. Die linke Seite ist also ohne Zweifel für das Kauen wirkungsvoller als die rechte, weshalb sie auch vorzugsweise benutzt wird. Die Okklusions- und Artikulationsverhältnisse links und rechts scheinen uns überhaupt die einzigen Momente zu sein, die auf die Wahl der Kauseite bestimmend wirken: mit der einzigen Einschränkung natürlich, daß keine pathologischen Veränderungen an den Zähnen oder am Parodont vorhanden sind, die beim Kauen Schmerzen verursachen.

Die Frage, ob gleichzeitig links und rechts gekaut werden kann, ist mittelst unserer Methode nicht leicht zu entscheiden; man müßte mehr als nur den reinen Bewegungsablauf des Unterkiefers beobachten können. Immerhin glauben wir, aus unseren einzelnen Kurven herauslesen zu können, daß die Kau-tätigkeit immer nur auf einer Seite ausgeübt wird. Denn die allermeisten Kurven sind asymmetrisch in ihrem Verlauf, mit dem größeren Teil entweder links oder rechts von der Medianebene liegend. Das deutet daraufhin, daß auf der Seite mit der größeren lateralen Exkursion gekaut worden ist. Nur in ganz seltenen Fällen beobachten wir auch symmetrisch in der Medianebene liegende Kaubahnen, was Ausdruck eines gleichzeitig-beidseitigen Kauens sein könnte. Aus theoretischen Gründen jedoch lehnen wir die in Frage stehende Kauart ab, weil beim Kauen auch die Zunge mithelfen muß, und diese kann ihre Arbeit nicht gleichzeitig rechts und links verrichten, sondern nur entweder rechts oder

links. Zudem verweisen wir auf die Untersuchungen von *Wild* über die Abrasionen im vollbezahnten Gebiß und im Lückenbiß; aus allen dort vorkommenden Bewegungsmarken muß ebenfalls geschlossen werden, daß nur einseitig gekaut wird. Aus diesen Gründen nehmen wir an, daß im unbewußt-reflektorisch ablaufenden Kauvorgang nur eine Seite zum Kauen benutzt wird, also entweder die rechte oder die linke, unter Umständen vielleicht auch die Front, niemals aber alle gleichzeitig. Wir gelangen so zu einer funktionellen Dreiteilung des Gebisses: linke Seite, Front, rechte Seite (*Wild*).

d) Transversal-Sagittalbewegungen

Werden beim unbewußt-reflektorischen Kauvorgang sagittale oder transversale Kontaktbewegungen ausgeführt?

Wild schreibt dazu in seinem neuesten Werke an verschiedenen Orten: «Beim Kauen werden somit offenbar sowohl beim Zangenbiß wie beim Scherenbiß transversal gerichtete, aber keine sagittal gerichteten Artikulationsbewegungen ausgeführt». Und weiter: «Es muß angenommen werden, daß beim unbewußt-reflektorischen Kauen auf der lateralen Arbeitsseite keine sagittalen, sondern nur transversale, von außen nach innen gerichtete Reibebewegungen gemacht werden.» Und noch an anderer Stelle: «Aus dieser Feststellung muß der Schluß gezogen werden, daß beim Kauen keine sagittal gerichteten Reibebewegungen ausgeführt werden.» *Wild* vertritt also ganz eindeutig die Auffassung, daß beim Kauen nur transversal gerichtete Reibebewegungen erfolgen. Zum selben Schluß ist auch *Eberhard* gelangt. Unsere eigenen Untersuchungen bestätigen die von *Wild* geprägte These. Auch wir stellen nur transversal gerichtete Schließbewegungen in allen unseren Bildern fest. Für diese Untersuchung sind vor allem die Aufnahmen auf der Horizontalebene geeignet. Wir können da sehen, daß der Schluß in die zentrale Okklusion immer von lateral her gegen die Mitte hin in transversaler Richtung verläuft, wobei wir unter transversal nicht geometrisch genau frontal verstehen, sondern etwas schräg von vorn außen nach hinten innen. In keinem einzigen Fall aber erkennen wir eine Bewegung, die in sagittaler Richtung von vorne nach hinten verläuft.

Aus den Projektionen auf die Sagittalebene erhellt ebenfalls eindeutig, daß in sagittaler Richtung verlaufende Reibebewegungen nicht vorkommen; denn gerade hier müßten diese klar in Erscheinung treten.

Es ist damit ein weiteres Mal bewiesen, daß eine sagittale Reibebewegung beim unbewußten Kauen auf der Seite nicht vorkommt, daß viel mehr der Bewegungsablauf in transversaler Richtung vor sich geht.

e) Einfluß verschiedener Nahrungsmittel auf die Kaubahn

Diese Frage ist bisher noch selten einer Untersuchung unterworfen worden. Neben *Schröder* ist *Hildebrand* einer der wenigen, die sich damit beschäftigt

haben; und er ist zum Schluß gekommen, daß die Natur der Nahrung keinen Einfluß auf die Form der Kaubahn habe.

Wir haben uns eingehend mit diesem Problem befaßt. Deshalb wählten wir die drei mechanischen Grundtypen der menschlichen Nahrung: zäh, weich, hart. Wir glauben nun, gewisse Unterschiede im Ablauf der Kaubewegungen bei diesen drei Nahrungsarten feststellen zu können.

Vor allem ist auffällig, daß für das Kauen von Fleisch durchschnittlich am meisten Kaubewegungen gemacht werden müssen, doppelt so viele und noch mehr als z. B. für die weiche Brotkrume. Das läßt sich regelmäßig bei allen Versuchspersonen beobachten. Größer sind die Unterschiede bei den einzelnen Patienten in Bezug auf das harte, spröde Backwerk; hier spielt die Einspeichelung eine wichtige Rolle, da es sich um einen ziemlich trockenen Bissen handelt. Es muß deshalb viel Speichel abgesondert werden. R. E. z. B. braucht wahrscheinlich aus diesem Grunde für dieses Gebäck ebensoviel Bewegungen wie für Fleisch.

Folgende Eigentümlichkeit kann auch immer wieder beobachtet werden: Die weiche Brotkrume gestattet schon bei der ersten Bewegung den direkten Kontakt, während das zähe Fleisch und vor allem das harte Backwerk anfangs einen so großen Widerstand bieten, daß die Zähne den Bissen nicht durchtrennen können: indirekter Kontakt. Erst bei fortschreitender Zerkleinerung und Einspeichelung kommt es schließlich zu direktem Kontakt.

Sehr wichtig erscheint der Einfluß, der durch die physikalische Beschaffenheit auf die Kauart ausgeübt wird. Die weiche Brotkrume bedingt den Hackbiß, während die harte Nahrung zum Reibebiß führt. Auch das zähe Fleisch begünstigt eine Reibebahn, die jedoch im allgemeinen klein ist.

Aus unseren Aufnahmen ist zu sehen, daß auch der Verlauf vor allem der Schließungsphase durch die Konsistenz der Nahrung beeinflusst wird. Augenfällig ist die eigenartig unterbrochene und öfters geknickte Schließungsbahn beim harten Backwerk; das ist eine Folge der Härte dieses Nahrungsmittels. Im Gegensatz dazu verläuft beim weichen Brot die Schließungsbahn ohne Unterbrechung ziemlich gerade in die Schluß-Stellung, während beim zähen Fleisch doch schon gewisse Abweichungen im Sinne von kleinen Richtungsänderungen und Ausbuchtungen der Kaubahn festzustellen sind.

Die Größe der Öffnungsbahn und der lateralen Exkursion, wie auch die Wahl der Kauseite scheinen unabhängig von der physikalischen Beschaffenheit der Nahrung geregelt zu werden.

Aus unseren Beobachtungen ergibt sich, daß die chemische Zusammensetzung und die physikalische Beschaffenheit der Nahrung tatsächlich einen bestimmten Einfluß auf den Ablauf der Kaubewegungen hat, allerdings nicht im Sinne einer wesentlichen Umgestaltung, sondern nur einer geringen Modifikation der individuellen Kaubahn.

f) Bedeutung der Zunge für den Kauvorgang

Die Kautätigkeit ist ohne die Mithilfe der Zunge nicht denkbar. Ihre mannigfaltige Arbeit besteht im Aufladen der Nahrung auf die Zahnreihen, im Festhalten und Formen des Bissens, im Ausräumen des Vestibulums, im Transport von einer Seite zur anderen, in der Mithilfe bei der Einspeichelung, und schließlich ist die Zunge auch am Schluckakt maßgeblich beteiligt.

Wild hat immer wieder auf den Synergismus der Zungen- und Kaumuskulatur hingewiesen. Die auf dasselbe Ziel hinggerichtete Koordination der Zungen- und Kieferbewegungen beim Kauen hat er als für den Kauvorgang durchaus wesentlich wiederholt dargestellt. Er schreibt darüber: «Beim Kauen führen Unterkiefer und Zunge koordinierte Bewegungen aus. Diese gleichzeitige, übereinstimmende Bewegung von Zunge und Unterkiefer bezeichne ich als linguomandibuläre Homotropie, die Beibehaltung der gleichen Position als Homotopie.»

Leider ist die von uns gewählte Methode ungeeignet, neben den Kieferbewegungen auch die Zungenbewegungen zu beobachten, da unsere Kurven nur ganz exklusiv die Bahnen wiedergeben, die der Unterkiefer zurücklegt. Wir können höchstens sekundär rückschließend etwas über die Arbeit der Zunge aussagen.

Das diesbezügliche Studium unserer Bahnen gibt uns die Überzeugung, daß die dargelegte Auffassung von der Tätigkeit der Zunge richtig ist. Jedenfalls haben wir keine Tatsachen registrieren können, die der neuen, von *Wild* begründeten Auffassung entgegenlaufen würden.

g) Persönlichkeit und Kaubahn

Eberhard hat in seiner Arbeit über die menschlichen Kaubewegungen erstmals darauf aufmerksam gemacht, daß zwischen der Form der Kaubahn und dem Charakter der betreffenden Person ein gewisser Zusammenhang besteht. Wir haben uns Mühe gegeben, das an Hand unserer Aufzeichnungen nachzuprüfen.

Da es sich bei fast allen unseren Versuchspersonen um Studien- und Arbeitskollegen handelt, können wir uns einigermaßen ein Bild über ihre nervöse Konstitution machen, und wir sind deshalb auch in der Lage, eine Vergleichung anzustellen.

Auch wir müssen feststellen, daß der nervöse Habitus eines Individuums sich in den Kaubahnen widerspiegelt, ähnlich wie etwa im Gang oder in der Handschrift. Eine Vergleichung z. B. der Bahnen von R. E. mit jenen von H. C. beweist uns dies eindeutig, handelt es sich beim ersteren um eine temperamentvolle, lebhaft, rasch entschlossene Person, während H. C. viel mehr einen ruhigen, überlegten Charakter verkörpert, vergleichbar etwa den *Kretschmer'schen*

Typen Astheniker und Pykniker. Dieser charakterlichen Grundhaltung entsprechen auch die Kurven. Ähnliche Übereinstimmungen, wenn auch nicht immer so klar in Erscheinung tretend, ließen sich bei den übrigen aufzeigen.

Allerdings darf man von solchen Feststellungen nicht zuviel erwarten; denn die Bewegungsmöglichkeiten des Unterkiefers sind zu gering und zu eingeschränkt, als daß sich in ihnen ein so differenziertes Geschehen wie das Seelische auszudrücken vermöchte. Wir können aus dem Bilde der Kaubahnen höchstens ganz Allgemeines über ihren psychologischen Gehalt aussagen, keinesfalls aber detaillierte Schlüsse ziehen über die Persönlichkeit und ihre nervöse Konstitution.

h) Zweckmäßigkeit im Kauvorgang

Ein Erlebnis hat mich während der ganzen Dauer meiner Experimente immer wieder beeindruckt, nämlich die Zweckmäßigkeit, welche aus dem Ablauf der Kautätigkeit spricht, wobei ich darunter jenes ökonomische Prinzip verstehe, das bei geringstem Kraftaufwand den größten Effekt gewährt (*Wild*).

So zeigen uns unsere Aufnahmen, daß der Unterkiefer nur so weit geöffnet wird, als für das erneute Aufladen des Bissens erforderlich ist, nicht mehr; die Größe der «vertikalen» Abduktion entspricht der Größe des Bissens. Wird bei fortschreitender Kautätigkeit der Bissen kleiner, so verkleinert sich auch die Öffnung. Wäre das nicht so und würde sich der Unterkiefer weiter als notwendig öffnen, so ergäbe sich ein Verlust an Zeit und ein Verschleiß an Energie; ein solches Verfahren wäre nicht ökonomisch, sondern unzweckmäßig. Wohl deshalb bedient sich die Natur seiner nicht. Es erscheint mir auch zweckmäßig, daß zu Beginn der Kauperiode die Zähne in der Regel nur in indirekter Okklusion zueinander stehen; dadurch wird ein plötzlicher, sehr großer Kau-
druck, der Schmerzen verursachen, sogar eine Zahnfraktur hervorrufen könnte, vermieden. Ebenfalls zweckmäßig ist es, daß zur Verarbeitung von harter und zäher Nahrung der effektvollere Reibebiß zur Anwendung gelangt, während weiche Speisen durch den einfacheren Hackbiß bewältigt werden. Das sind nur einige wenige Beispiele, die uns zeigen, wie zweckmäßig der ganze Kauvorgang ist. Sie ließen sich noch vermehren.

Es sind nicht bewußte und nicht verstandesmäßige Überlegungen, die den Kauvorgang ein zweckmäßiges Geschehen werden lassen. Welcher Mensch wüßte z. B., wie groß der Bissen in seinem Munde in jedem Moment der Kauperiode ist und würde nach einer solchen Feststellung seine Öffnungsbewegung bewußt dosieren?

Es sind nervöse Vorgänge, die nicht ins Bewußtsein treten, die eine solche Regulation bewirken. Diese Vorgänge sind auch nicht Folge eines Zufalles, sondern sie fließen aus einer letzten Quelle, die alles Geschehen im Körper lenkt und reguliert. Auf diese Weise betrachtet, führt uns das Studium der menschlichen Kautätigkeit über die rein mechanische Betrachtungsweise hinaus zum

Seelischen, das über dem Körperlichen existiert und auf dieses einen bestimmten Einfluß ausübt. Unsere so sehr dem Materiellen verhaftete Studie ist also letztlich auch eine Bestätigung einer uralten Wahrheit, die schon *Sallust* (86 bis 35 v. Chr.) in die Worte gefaßt hat:

Rex adque imperator mortalium animus est.

IV. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir die menschlichen Kaubewegungen. Wir verstehen darunter jene Bewegungen des menschlichen Unterkiefers, die während des Kauens ausgeführt werden, und die zur Zerkleinerung und Einspeichelung des Bissens führen.

Wir begannen unsere Betrachtungen mit einem kurzen historischen Überblick, wobei zuerst die verschiedenen Autoren erwähnt wurden, die sich mit diesem Problem befaßt haben, sodann wurden die Methoden geprüft, die zur Erforschung der Kaubewegungen angewandt worden sind, und schließlich wurde in einem besonderen Abschnitt die Kinematik der Kaubewegungen selbst behandelt. Dabei gingen wir eingehender auf die *Wild'sche* Auffassung dieses Fragenkomplexes ein, da es uns scheint, daß seine Ansicht die heute anerkannte Lehrmeinung ist.

Um selber zur Klärung des Problems beizutragen, verwendeten wir zur Registrierung der Kaubahnen eine neue, von *Wild* angegebene, photographische Methode, deren Apparat und Durchführung wir an einer Anzahl von Versuchspersonen weiter ausarbeiten konnten. Apparat und Verfahren haben wir einläßlich beschrieben. Die Aufzeichnungen wurden auf der Frontal-, Sagittal- und Horizontalebene gemacht und die Resultate in Wort und Bild dargestellt. Wir gelangten zu folgenden Schlüssen:

1. Jede einzelne Bahn unterscheidet sich von den vorangehenden und nachfolgenden in ihrem Verlauf, sei es in der Länge, sei es in der Breite oder in ihrem allgemeinen Duktus. Es gibt nie zwei völlig gleiche Bahnen.
2. Jedoch gleichen sich die verschiedenen Bahnen; sie sind einander ähnlich. Man kann typische, individuelle und persönliche Merkmale unterscheiden (*Wild*).
3. Die Unterscheidung zwischen Hackbiß und Reibebiß besteht zu Recht. Welche Kauart im Einzelfall vorzugsweise angewendet wird, hängt von der Bißart ab (Kopfbiß begünstigt offenbar den Reibebiß, Scherenbiß den Hackbiß), weiter von der physikalischen Beschaffenheit der Nahrung (weiche Speisen bedingen den Hackbiß, harte und zähe den Reibebiß),

und schließlich stellen wir fest, daß ein anfänglicher Reibebiß gegen Ende der Kauperiode meistens in Hackbiß übergeht.

4. Eine bevorzugte Kauseite gibt es im vollständigen, gesunden Gebiß nicht, es wird auf beiden Seiten annähernd gleich oft gekaut, bald rechts, bald links.
5. Es wird nicht gleichzeitig rechts und links gekaut, sondern entweder auf der linken oder rechten Seite, oder gelegentlich auch vorne (Abbeißen). Es wird aber auch nicht im Rhythmus rechts-links-rechts-links gekaut. Wir können eine funktionelle Dreiteilung des Gebisses annehmen (*Wild*).
6. Die physikalische Beschaffenheit der Nahrung beeinflußt die Form der Kaubahnen, jedoch nicht wesentlich, sondern nur im Sinne einer Modifizierung der individuellen Bahn.
7. Daß ohne gleichzeitige Mitarbeit der Zunge der Kauvorgang unvorstellbar ist (linguo-mandibulärer Synergismus), steht fest; doch ist unsere Methode nicht geeignet, Näheres darüber auszusagen.
8. Eine sagittale Richtung der Reibebewegung konnten wir nie feststellen. Alle Reibebewegungen erfolgen in transversaler Richtung (*Wild, Eberhard*).
9. Zwischen der nervösen Konstitution eines Menschen und dem Verlauf seiner Kaubahnen gibt es gewisse Zusammenhänge, ähnlich jenen, die aus der Graphologie und Psychotechnik bekannt sind.
10. Der Kauvorgang ist ein zweckmäßiges, final determiniertes Geschehen (*Wild*). In ihm kommt das Prinzip der Ökonomie der Kräfte zum Ausdruck, wobei in jeder Phase bei geringstem Kraftaufwand der größte Effekt angestrebt wird.

V. Literaturverzeichnis

- Bakker: Ein Kapitel aus der Theorie der Prothetik. Korrespondenzblatt für Zahnärzte 1930.
- Bakker: Die vierte Phase der Kaubewegungen des Menschen, eine Hypothese. Dtsch. Zahn. usw. (1942).
- Balkwill: On the best form and arrangement ... (1866). Z'ärztl. Rundschau (1929) Referat.
- Bennet: Ein Beitrag zum Studium der Bewegungen des Unterkiefers. Zeitschrift für Orthopädie und Prothese (1913).
- Beth: Beitrag zur Analyse der Vorbißbewegung. Diss. Berlin 1921.
- Eberhard: Versuch einer kinematographischen Registrierung der Bewegungen des vollbezahnten menschlichen Unterkiefers beim Kauen. Diss. Zürich 1947.
- Ganzer: Über die Bewegungsbahn des Unterkiefers, insbesondere bei den Menschen und bei den Säugetieren. Sitz-Ber. der Ges. naturf. Freunde (1908).
- Gysi: Beitrag zum Artikulationsproblem. Berlin 1908.
- Gysi: Der neue verstellbare Gysi-Artikulator 1914. Schweiz. Vj'schrift Zahnhk (1915).
- Gysi: Artikulation: Handbuch der Zhkd, III. Bd., 3. Aufl., 1929.
- Herkenroth: Die Mechanik des Kauens. Diss. München 1940.
- Hesse: Zur Mechanik der Kaubewegungen des menschlichen Kiefers. D'sche M'schr. f. Zhk 1897.
- Hildebrand: Studies in the masticatory movements of the human lower jaw. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1931.
- Hildebrand: Ein weiterer Beitrag zur Kaubewegung des Unterkiefers. Journal of dental R. 1937.
- Hiltebrandt: Findet beim Kauen eine Berührung der Zähne statt? D'sche Zahnärztl. W'schr. 1940.
- Jeppener-Haltenhoff: Zur Kinematik des Unterkiefers. Vj'schrift f. Zhk ...
- Kurth: Mandibular movements in mastication J. A. D. A., 1942.
- Kurth: Mandibular movements and articulator occlusion J. A. D. A., 1949.
- Lubosch: Universelle und spezialisierte Kaubewegungen bei Säugetieren. Biol. Zbl. 27 (1907).
- Müller: Grundlagen und Aufbau des Artikulationsproblems. Leipzig 1925.
- Müller: Über die Richtung des Kaudruckes. Z'ärztl. R'schau 1943.
- Münzesheimer: Photographische Registrierung der Kieferbewegungen und ihre Auswertung. D'sche Z'W'schrift 1928.
- Neynaber: Beitrag zur Festlegung der Öffnungsbahn des Unterkiefers. Diss. Berlin 1920.
- Schröder: Über den Umfang der Mahlbewegung. D'sche Z'W'schrift 1940.
- Schulze: Beitrag zur Analyse der Öffnungs- und Schließbewegungen an menschlichen Kiefern im bezahnten und zahnlosen Zustande. Diss. Berlin 1920.
- Wild: Über den Kauvorgang und die Kaubahnen in Bezug auf die prothetische Behandlung. Schw. M'Schr. f. Zhk, Band 54.
- Wild: Die Kaubahnen im Lückengebiß. Schw. M'sch. f. Zhk 1942.
- Wild: Unterkieferbewegungen und Kaubewegungen. Schw. M'sch f. Zhk 1946.
- Wild: Funktionelle Prothetik. Benno Schwabe, Basel, 1950.
- Wustrow: Zur Darstellung der Kieferbewegungen. z. R. Sch., 1929.
- Zsigmondi: Über die Bewegungen des Unterkiefers beim Kauakt. Östr. Z'schr. f. Stomat. 1912.

Curriculum vitae

Als dritter und jüngster Sohn von Emil Stocker in Zürich, und Emmi, geb. Steiger, bin ich am 30. August 1923 in Zürich geboren.

Daselbst besuchte ich sechs Jahre die Primarschulen, um mich darauf sieben Jahre lang am Kollegium St. Fidelis zu Stans auf die Maturität vorzubereiten, die ich im Juni 1943 bestand.

Gleich anschließend machte ich die Rekruten- und Unteroffiziersschule bei der Infanterie. Heute leiste ich meine Dienstpflicht als Wachtmeister im Zürcher Bataillon 63.

Mein ganzes Hochschulstudium betrieb ich an der Universität Zürich, wo ich 1945 das erste und 1947 das zweite (medizinische) propaedeutische Examen bestand. Die klinischen Semester absolvierte ich am zahnärztlichen Institut der Universität Zürich, wo ich im Jahre 1949 den Titel eines eidgenössisch diplomierten Zahnarztes erwarb.

Gegenwärtig bin ich als Assistent an der Abteilung für Prothetik und Kronen-Brücken des zahnärztlichen Institutes Zürich tätig.

